Elektronica en Telecommunicatie 3

Gemeenschappelijke publikatie van de
Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.

Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.

621.396.74

HF-Communicatiesystemen [1])

door C. M. de Zeeuw, N. V. Philips' Telecommunicatie Industrie, Hilversum



Summary: *HF Communication Systems.*
An outline is given of the principal aspects of modern HF communication systems. When connections are long and channels few, HF radio communication has economic advantages over other means of conveying telephone and telegraph signals. Technical developments during the past 10 years have greatly contributed to a remarkable improvement in the quality of radio connections and to a substantial lowering of the running costs. The article gives a brief survey of these developments. As an example of a modern application of radio communication, the author includes a concise description of an HF communication system for a network of point-to-point connections in the Philippines.

1. Inleiding

In het kader van de toeneming van het gebruik van communicatiemiddelen voor telefonie en telegrafie gedurende de laatste jaren, blijkt dat de HF-radiocommunicatie zich op verbindingen met lage kanaalaantallen goed heeft kunnen handhaven, zelfs tegenover een meer spectaculaire concurrent als de communicatie via een satelliet. Daarvoor zijn tweeërlei redenen aan te wijzen: economische en politieke.

Fig. 1 geeft een vergelijking van de bouwkosten per kanaalmijl van diverse communicatiemedia over lange-afstandsverbindingen [1]. De grafiek begint bij 24 telefoonkanalen, een aantal dat niet praktisch is voor HF-communicatie; het is duidelijk dat bij een lager aantal kanalen het economische voordeel van HF-communicatie toeneemt. Fig. 2 toont de situatie op kortere verbindingen, nu voor 4 telefoonkanalen. Voor dit kanalenaantal kan een straalverbinding slechts tot 7 à 8 'hops' met HF-communicatie concurreren. Bij grotere afstanden worden de kosten per kilometer van een straalverbinding met een gering aantal kanalen grotendeels bepaald door de kosten van de relaisstations met inbegrip van hun civiele werken en zijn dus onafhankelijk van de lengte van de verbinding. Aangenomen is dan nog dat het praktisch mogelijk is relaisstations op te richten en deze te bevoorraden. In het bijzonder bij verbindingen over zee en bij verbindingen met een mobiel eindstation is dit vaak onmogelijk.

Ook de politieke factor is van wezenlijk belang. Er zijn slechts weinig landen, die met de rest van de wereld contact kunnen onderhouden zonder daarbij gebruik te moeten maken van satellieten die niet hun eigendom zijn, of van zeekabels dan wel van straalverbindingen of kabelroutes via buitenlands grondgebied. Dit heeft een kwetsbaarheid van de verbindingen tot gevolg die dikwijls niet te accepteren valt. De HF-communicatie maakt dan een eenvoudige en betaalbare alternatieve verbinding mogelijk, waarbij uitsluitend de beide eindstations betrokken zijn.

Uit het bovenstaande komen als vanzelf de aangewezen toepassingsmogelijkheden voor HF-systemen naar voren. Deze zijn:

- verbinding met schepen, vliegtuigen en voertuigen buiten het VHF-gebied;
- zogenaamde 'thin line'-verbindingen; dit zijn verbindingen met een gering aantal kanalen, die geografisch niet met andere bundels gecombineerd kunnen worden. Dergelijke verbindingen vindt men zowel in dunbevolkte en ontwikkelingsgebieden als bij bepaalde gebruikers, zoals de burgerluchtvaartorganisaties en de militaire instanties. Fig. 3 laat een zendstation voor luchtvaartverkeer in Peru zien, fig. 4 toont een zaal met ontvangapparatuur voor radioverbindingen in Venezuela;
- 'back up'-verbindingen voor zeekabels, satellietverbindingen, straalzenderketens e.d.

2. Beperkingen

De economische en ook de politieke voordelen van HF-communicatie komen voort uit het gebruik van een gratis ter beschikking staande passieve reflector, de ionosfeer. Het karakter van deze reflector bepaalt echter ook de nadelen van HF-communi-

[1]) Voordracht gehouden voor het NERG tijdens de 198e werkvergadering te Huizen.

Manuscript ontvangen 17 januari 1969.

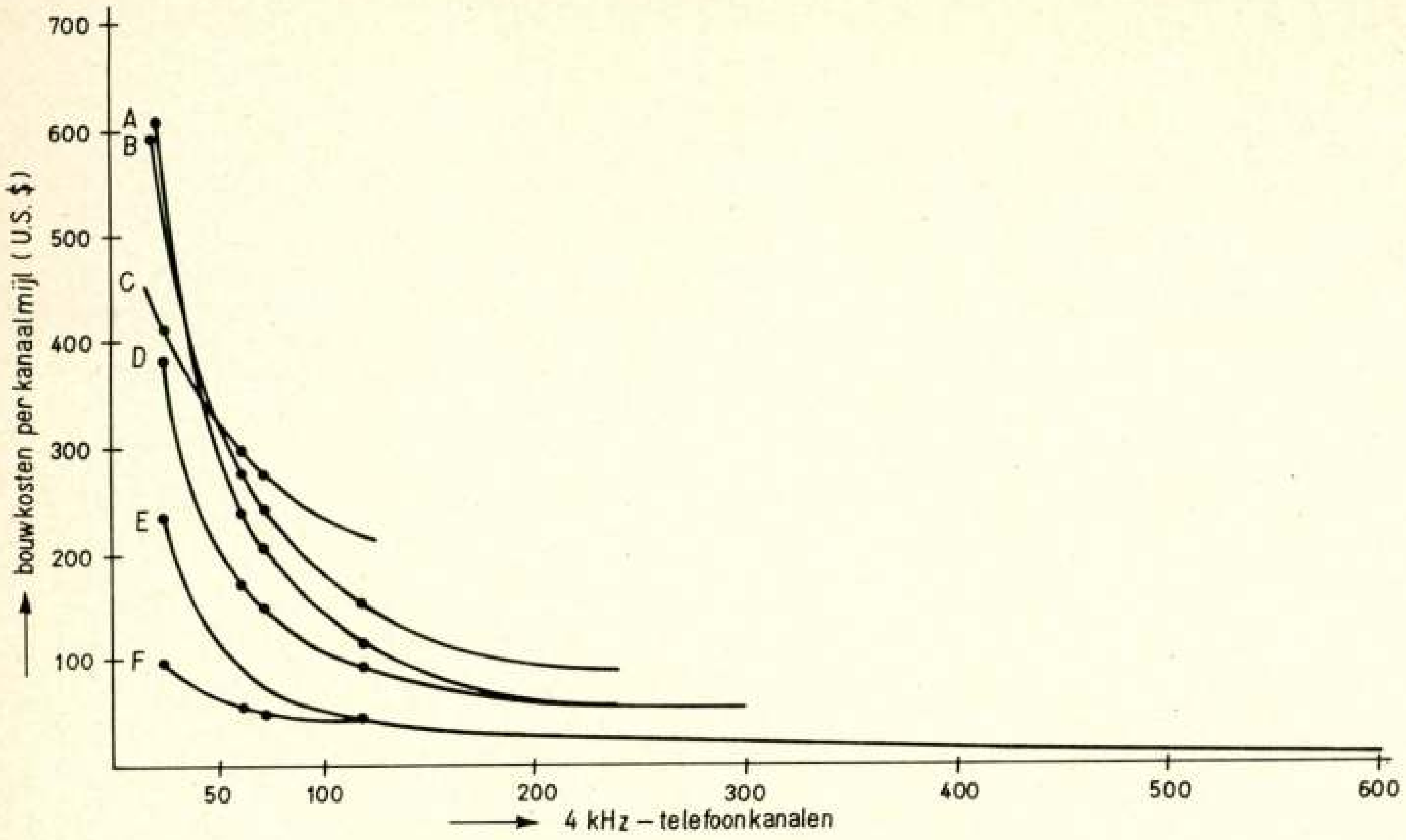


Fig. 1. Bouwkosten per kanaalmijl voor verschillende communicatiewegen over lange afstanden als functie van het aantal kanalen (4 kHz bandbreedte).
A: coaxiale grondkabel; B: troposferische scatterverbinding; C: telefoonkabel (grondkabel); D: onderzeekabel; E: straalverbinding (direct zicht tussen de relaisstations); F: HF-radiocommunicatie.

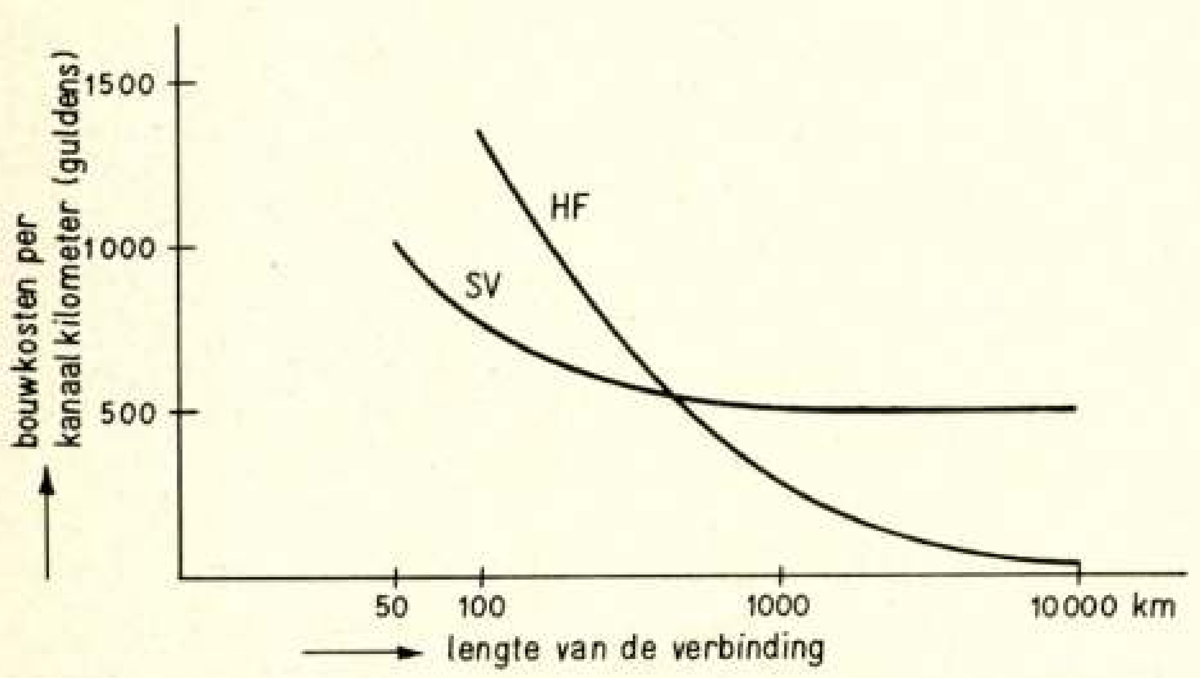


Fig. 2. Bouwkosten per kanaalkilometer als functie van de verbindingslengte voor verbindingen met 4 telefoonkanalen. SV : straalverbinding; HF : radioverbinding.

catie. De reflector is opgebouwd te denken uit een aantal reflecterende lagen, waarvan zowel de dichtheid en dus de diëlektrische constante, als de hoogte variëren, voornamelijk onder invloed van de zon. Dit heeft tweeërlei gevolgen:

- Over elke communicatieweg is op elk tijdstip verbinding slechts mogelijk binnen één of meer frequentiebanden van enige megaherz. De plaats van deze banden in het HF-spectrum varieert volgens een dagelijkse, een jaarlijkse en een elfjaarlijkse cyclus. Dit maakt voortdurende frequentiewisseling van zender en ontvanger noodzakelijk.
- Reflectie vindt plaats in vele andere richtingen dan de gewenste. Dit heeft tot gevolg dat op iedere willekeurige plaats ook veel ongewenste stations worden ontvangen. Dit bezwaar wordt nog verergerd omdat uit economische overwegingen antennes met een gering richteffect worden gebruikt. Het resultaat is dat er voor iedere potentiële gebruiker van HF-

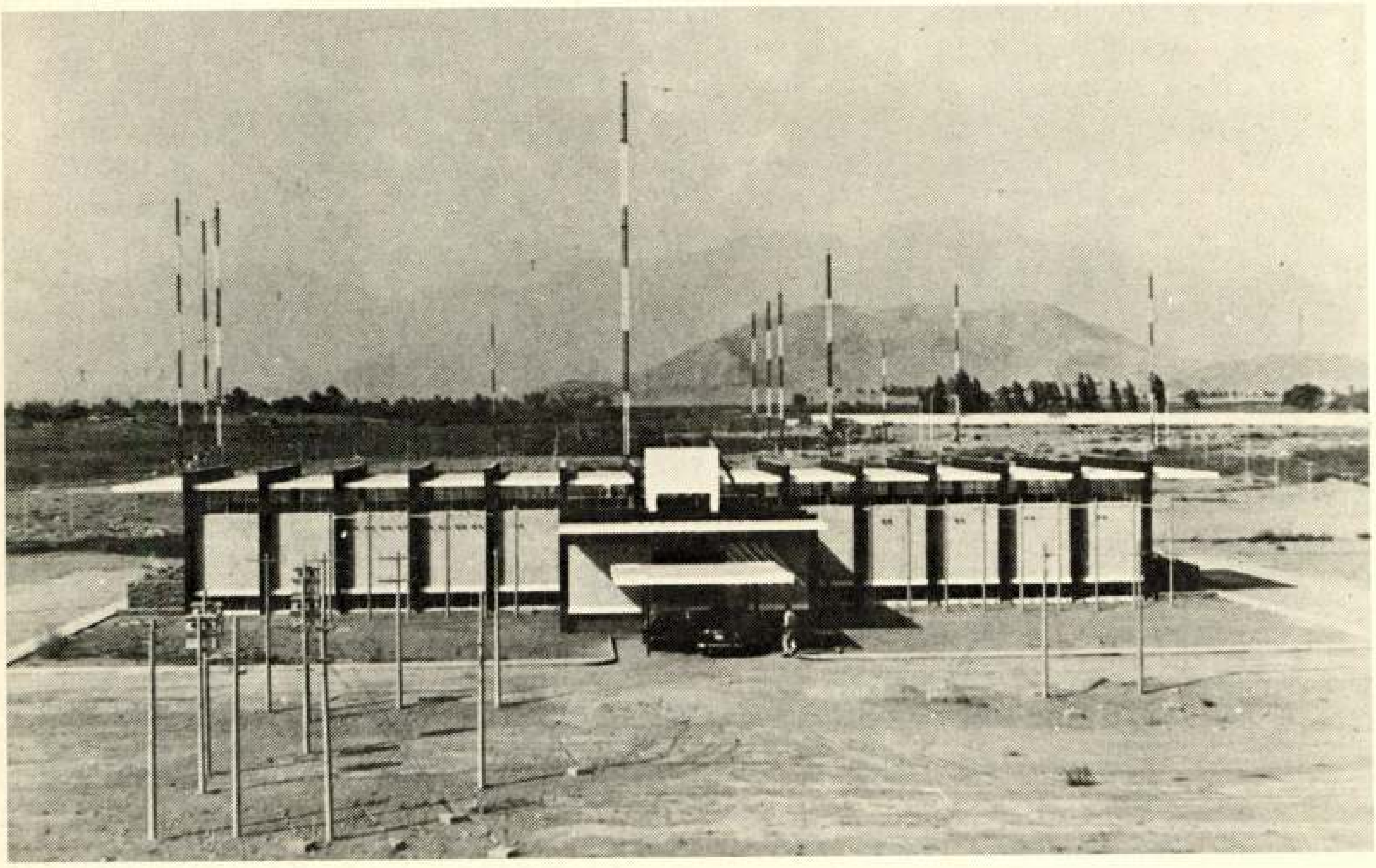


Fig. 3. Gezicht op het zendstation voor luchtvaartverkeer in Peru.

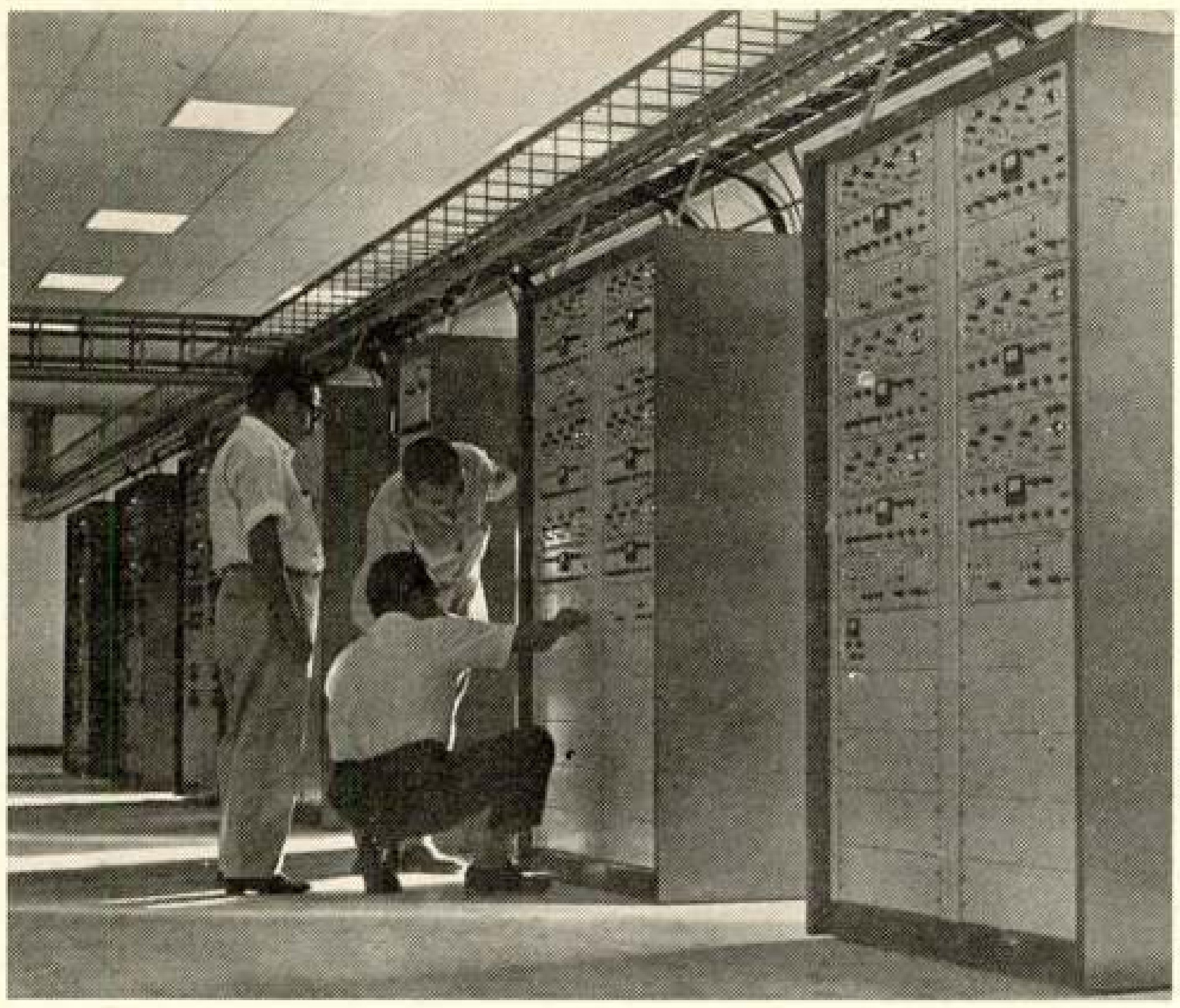


Fig. 4. Zaal met de ontvangapparatuur voor radioverbindingen in Venezuela.

communicatie slechts een kleine bandbreedte beschikbaar is, met als maximum 12 kHz, voldoende voor 4 telefoonkanalen, op ieder waarvan eventueel 12 telegraafkanalen kunnen worden geënt.

Andere bezwaren van het reflecterend medium, zoals fading en frequentie-selectieve looptijdsverschillen, zijn door nieuwe technische hulpmiddelen grotendeels opgeheven zodat thans HF-verbindingen mogelijk zijn die gedurende 95% van de dag in kwaliteit niet van lijnverbindingen zijn te onderscheiden. In de volgende paragrafen wordt hierop nader ingegaan.

3. Technische vernieuwingen

In de HF-telecommunicatietechniek zijn de laatste jaren zeer veel technische vernieuwingen ingevoerd. Deze hadden enerzijds ten doel verbindingen van betere kwaliteit te verschaffen, anderzijds beoogden zij de exploitatiekosten te verminderen.

3.1. Enkelzijbandmodulatie

Het invoeren van enkelzijbandmodulatie op de vaste verbindingen is één van de grote verbeteringen van de laatste decade geweest. In de komende 10 jaar zal deze modulatiewijze ook op de scheepvaartverbindingen worden ingevoerd. Was enkelzijbandmodulatie in de draaggolftechniek reeds lang een bekend begrip, in de HF-techniek was de voor demodulatie vereiste stabiliteit van de oscillatorfrequentie een ernstig probleem. Weliswaar is automatische frequentieregeling ook van HF-signalen mogelijk, maar deze methode is bij gebruik van enkele telefoonkanalen relatief duur en heeft ook zijn bezwaren, zoals het invangen op storende zenders.

Bij de tot heden toegepaste methode van dubbelzijbandmodulatie wordt zowel nutteloos zendvermogen verbruikt als een te breed gebied van het frequentiespectrum in beslag genomen. Het optreden van frequentie-selectieve looptijdverschillen is er bovendien de oorzaak van dat de beide zijbanden bij ontvangst soms niet in fase zijn. Dit heeft ernstige vervorming tot gevolg.

Technieken voor betere kristalfabricage en vooral ook het invoeren van de 'frequentie-synthesizer' hebben de oplossing van dit probleem mogelijk gemaakt. De 'frequentie-synthesizer' is een apparaat dat uitgaande van één standaardfrequentie, door deling en vermenigvuldiging iedere andere frequentie kan leveren met de nauwkeurigheid van de standaard. Was 15 jaar geleden een variabele HF-oscillator met een frequentie-afwijking van 1 Hz in 100 kHz nog een hele prestatie, thans is een frequentie-afwijking van 1 Hz in 100 MHz en zelfs van 1 Hz in 100 GHz bij toepassing van een centrale stationsstandaard geen probleem.

3.2. Automatische foutencorrectie

Grote verbetering van de kwaliteit van circuits voor radiotelegrafie is verkregen door de invoering van de 'TOR' (teletype over radio) of ARQ ('automatic request'), een uitvinding van dr. van Duuren van de Nederlandse PTT. Deze uitvinding is ongeveer 20 jaar geleden voor het eerst ingevoerd en is nu op internationale verbindingen algemeen in gebruik.

De 'TOR' gebruikt een telegraafcode met redundantie. Wordt met behulp van de redundantie een fout gedetecteerd dan wordt een herhaling van het bericht gevraagd. De 'TOR' heeft het mogelijk gemaakt ook volautomatische telex- en telegraafcentrales via de radioweg met elkaar te verbinden.

Daarnaast zijn er tegenwoordig systemen, o.a. voor verbinding met schepen, die foutenbeheersing zonder terugmelding toepassen. Fig. 5 laat een HF-radiostation zien op een booreiland. Het station is uitgerust met een ISB-zender en -ontvanger en een dubbele Simplex-TOR.

3.3. Compensatie van variaties in de transmissie-eigenschappen

Een even belangrijke verbetering van de circuits voor radiotelefonie is kortelings zowel door de British Post Office als in de USA uitgebracht, respectievelijk onder de namen 'Limcompex' en 'Constant-loss Network'. Zoals bekend zijn HF-verbindingen in wezen vierdraads circuits, die voor doorschakeling met een telefoonabonnee omgezet dienen te worden in tweedraads circuits. Dit geschiedt door middel van een vorktransformator, waarin het abonneecircuit wordt afgesloten met een kunstmatige belasting, die theoretisch gelijk moet zijn aan de belasting van dat abonneecircuit. In de praktijk zijn deze twee belastingen niet gelijk met als gevolg dat overloop van het radiozend- naar het radio-ontvangkanaal optreedt. Deze overloop tezamen met de niveau-variaties op de radioweg als gevolg van fading kan aanleiding geven tot rondzingen.

Dit werd tot nu toe voorkomen door een 'VODAS' (voice-operated-device-anti-singing) toe te passen dat of het zendkanaal of het ontvangkanaal met de abonnee verbindt. Een circuit uitgerust met een 'VODAS' kan echter geblokkeerd worden door ruis, terwijl gelijktijdig spreken in beide richtingen tot 'lock out' kan leiden.

'Limcompex' maakt nu van het radiocircuit een 'Constant-loss Network'. Dit geschiedt door amplitude en frequentie van het spraaksignaal gescheiden over te brengen. Daartoe wordt de amplitude van het signaal eerst gemeten, vervolgens begrensd tot een constant niveau en daarna uitgezonden. De grootte van de amplitude wordt via een separaat FM-gemoduleerd signaal boven in de spraakband overgebracht. Op de radioweg zijn beide signalen onderhevig aan fading. Aan de ontvangzijde wordt het AM-signaal opnieuw begrensd. De informatie van het FM-signaal, die niet door de fading is beïnvloed, wordt gebruikt om de oorspronkelijke amplitude van de spraakfrequenties te regenereren. Het uiteindelijk resulterende signaal is aldus onafhankelijk gemaakt van het gebeurde op de radioweg, en de transmissie-eigenschappen van de radioweg worden op deze wijze vergelijkbaar met die van een lijncircuit.

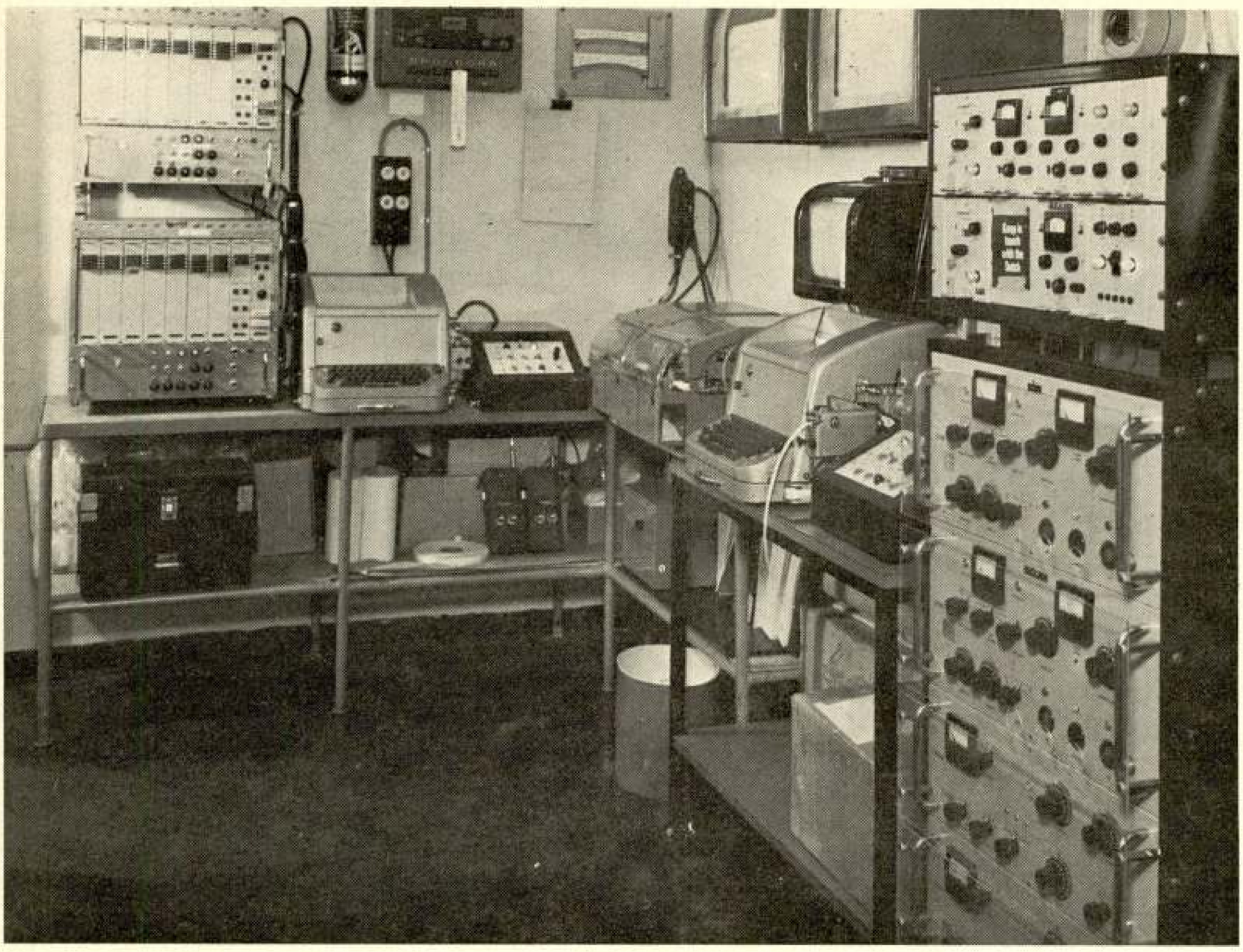


Fig. 5. HF-radiostation op een booreiland. Rechts een 300-W gekanaliseerde ISB-zender en een gekanaliseerde ISB-ontvanger, links een dubbele Simplex-TOR.

3.4. Afstandsbediening

De voornaamste verbetering op het gebied van de exploitatie van HF-communicatiesystemen was en is het invoeren van automatisch afstemmende zenders en ontvangers. Voor HF-radioverbindingen zijn grote antenneparken nodig. Met de toenemende verstedelijking en industrialisering wordt het vinden van plaatsen voor dergelijke parken in de nabijheid van de verkeerscentra steeds moeilijker, zelfs in de ontwikkelingsgebieden. Het gevolg daarvan is dat de HF-stations steeds verder van de steden komen af te liggen, waardoor het bemannen van deze stations met personeel dat voldoende geschoold is, moeilijker en duurder wordt.

Huisvestingsproblemen doen zich in dit verband overal in de wereld voor. Afstandsbediening en automatisering verschaffen hiervoor de logische oplossingen. Deze zijn het eerst ingevoerd bij zendstations. Frequentie-instelling, modulatiewijze en antennekeuze van deze HF-zenders zijn op afstand instelbaar, hetzij geheel vrij, hetzij met gebruikmaking van een aantal van tevoren ingestelde programma's, die aangepast kunnen worden aan het gebruik van een bepaalde zender in een dagelijkse of wekelijkse cyclus. Afstandsbediening van de antenne-omschakeling is mogelijk gemaakt door gebruik te maken van een matrix van coaxiale schakelaars die elk door een motor worden aangedreven (fig. 6). De gedurende de laatste jaren beschikbaar gekomen HF-breedbandantennes, zoals log-periodische antennes die de gehele HF-frequentieband kunnen verwerken, hebben het automatiseren van zendstations ook zeer vergemakkelijkt.

Het op afstand automatisch afstemmen van ontvangers stuit op meer problemen, daar men hierbij afhankelijk is van de frequentienauwkeurigheid van het zendende station. Weliswaar zijn zoekschakelingen algemeen bekend maar het automatisch zoeken over een te brede band is riskant omdat ook veel ongewenste signalen worden ontvangen. Algemene invoering van 'frequentie-synthesizers' zal ook hierin verbetering brengen.

4. Systeemontwerp

Tot slot iets over het systeemontwerp. Grotere HF-radiocommunicatiesystemen worden overal in de wereld op 'turnkey-basis' gebouwd. De leverancier zorgt dan zowel voor zenders, antennes, gebouwen en diesels, als voor de opleiding van het personeel; soms zelfs voor onderhoud gedurende vele jaren. Steeds vaker komt het daarbij voor dat in plaats van zendervermogens, een bepaalde circuitbetrouwbaarheid wordt gespe-

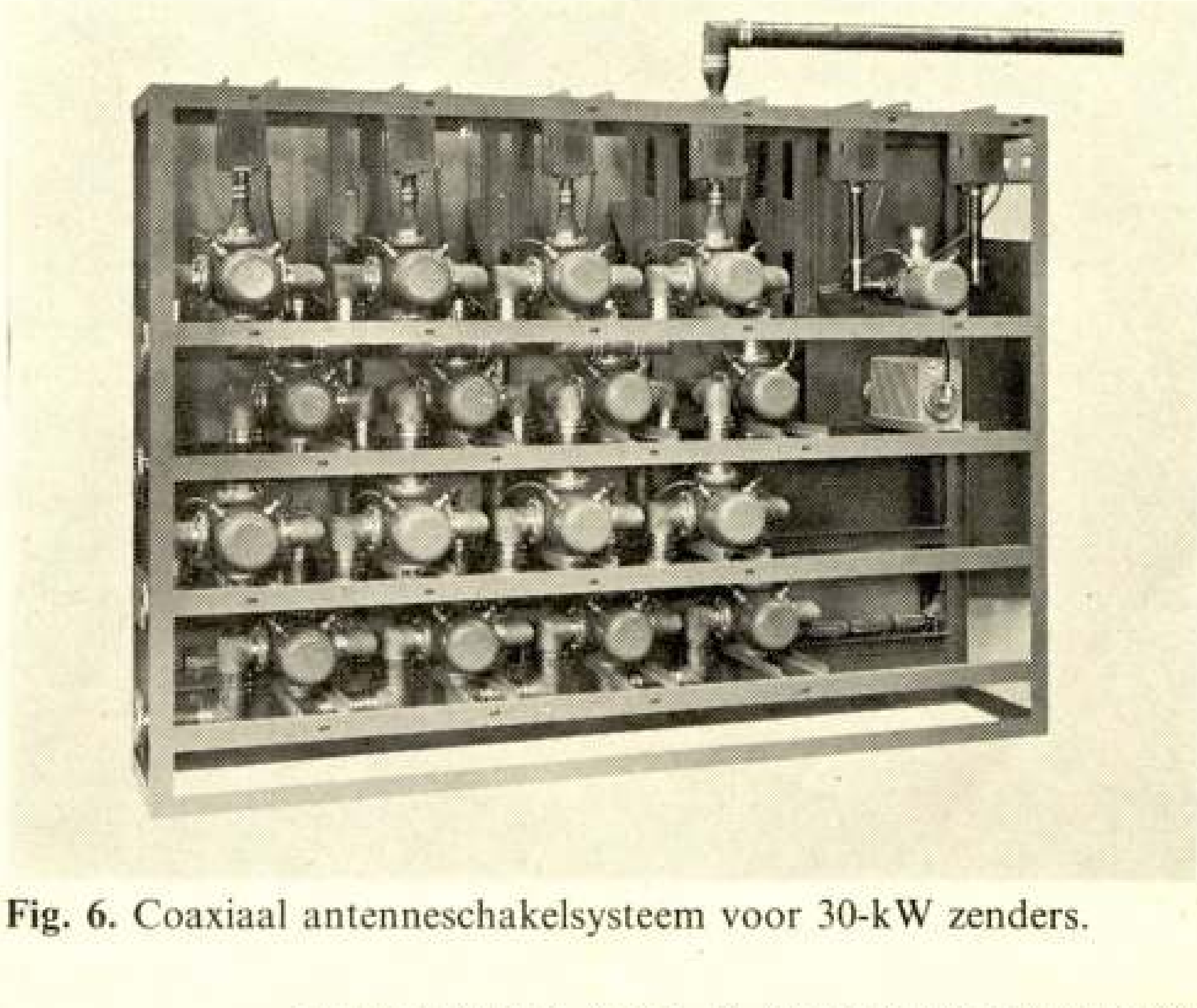


Fig. 6. Coaxiaal antenneschakelsysteem voor 30-kW zenders.

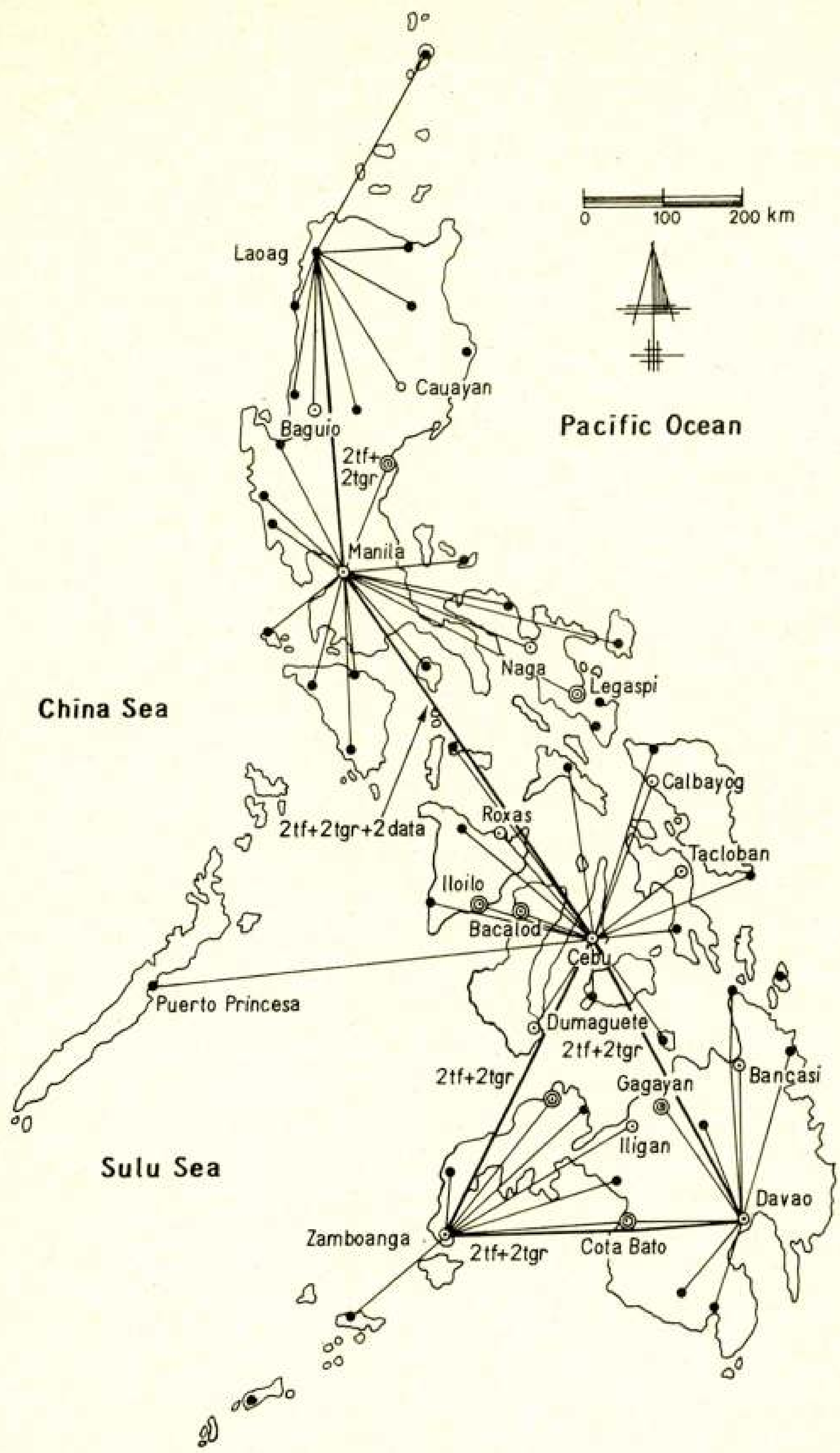


Fig. 7. HF-radiocommunicatiesysteem voor de luchtvaart op de Philippijnen.

cificeerd. De daarvoor benodigde berekeningen worden algemeen met een computer uitgevoerd. De desbetreffende programma's zijn echter nog geenszins gestandaardiseerd.

Dit kan tot verschillen in aanbevolen vermogens en antennes leiden, hetgeen weer invloed heeft op de grootte van het gebouw, het vermogen van de noodvoeding, de exploitatiekosten en dergelijke. Dit alles illustreert dat een HF-communicatiesysteem van enige grootte een aanpak vereist door een grote projectgroep met kennis op velerlei gebied, hoewel het eindprodukt in vele gevallen slechts voor een derde deel uit elektronische apparatuur bestaat.

Een goed voorbeeld van een modern en economisch verantwoord opgezet HF-communicatiesysteem is het net van vaste verbindingen van het aëronautisch verbindings- en navigatiesysteem, dat momenteel op de Philippijnen wordt uitgevoerd. De opgave was een betrouwbaar verbindingsnetwerk op te bouwen tussen 47 vliegvelden die verspreid liggen over een eilandengebied, dat 30 maal zo groot is als Nederland. De minimale in het net voorkomende verkeersbehoefte is twee gesprekken per week; de maximale behoefte tussen Manila en Cebu vergt twee telefoonkanalen, twee telegraafkanalen en twee datakanalen. Tussen het grootste deel der te verbinden plaatsen bestaan geen PTT-verbindingen en het luchtverkeer van de Philippijnen en van andere ontwikkelingslanden loopt dermate vooruit op de PTT-verbindingen dat het ook niet verantwoord is om op het tot stand komen van de PTT-verbindingen te wachten. Dit is een typisch voorbeeld van een opgave waarvoor uitsluitend met gebruikmaking van HF-communicatie een economisch verantwoorde en betaalbare oplossing te vinden is. Fig. 7 toont het gehele netwerk.

De benodigde effectief uitgestraalde vermogens en frequenties zijn berekend met een computer volgens een programma dat is gebaseerd op ionosferische gegevens op lange termijn. Enige resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in fig. 8. Deze gegevens werden verstrekt door het Amerikaanse National Bureau of Standards. Daarbij is zowel uitgegaan van een gewenste betrouwbaarheid van de hoofdverbindingen van 99% gedurende 24 uur, dus dag en nacht, als van een gewenste betrouwbaarheid van sommige secundaire en tertiaire verbindingen van 99% gedurende daglichtperioden. De betrokken secundaire en tertiaire vliegvelden zijn namelijk niet voor nachtverkeer uitgerust. Het aldus berekende benodigde vermogen wordt opgebouwd uit zendervermogen plus antennewinst. Voor de verdeling van het totale berekende vermogen over deze twee grootheden moest naar een economisch verantwoord compromis worden gezocht. Bij het hier behandelde voorbeeld bleek dat compromis voor de hoofdverbindingen te bestaan uit een combinatie van 5-kW en 10-kW zenders met horizontale logperiodische antennes.

De toegepaste 5-kW zenders zijn van het zogenaamde 'channelized type', waarvan één HF-deel continu is afgestemd op de dagfrequentie en een ander HF-deel op de nachtfrequentie. Tijdens de perioden van frequentiewisseling kan hetzelfde programma tegelijkertijd op de dag- en op de nachtfrequentie worden uitgezonden. De 10-kW zenders zijn van het automatisch afstembare type. Ieder radiokanaal van dit ruggegraatnetwerk is onderverdeeld in telefoon- en telegraafkanalen. De telegraafkanalen worden toonfrequent gemoduleerd in vrije telefoonkanalen. Alle telegraafkanalen zijn beschermd volgens het 'TOR'-systeem. In Manila eindigen de telegraafkanalen in een semi-automatische telegraafcentrale, type ES 2, ontwikkeld door PTI. Deze centrale verzorgt ook de buitenlandse verbindingen. In Cebu is een 'torn-tape'-telegraafcentrale geprojecteerd. Tussen Manila en Cebu worden twee datakanalen gebruikt voor aansluiting van Cebu op de 'airtraffic-control' computer, type SATCO, in Manila. De vliegvelden van Manila en Cebu zijn de eerste in Azië die over een dergelijk 'airtraffic-control' computersysteem zullen beschikken. Dit is ontwikkeld door N.V. Hollandse Signaalapparaten.

De telefoonkanalen zijn bestemd voor direct 'toren-naar-toren' contact en eindigen daartoe op de bedieningstafels waarop ook het uitgebreide VHF-netwerk voor 'grond-lucht'-communicatie uitkomt.

Voor het hoofdnetwerk wordt niet alleen het elektronisch materiaal geleverd, maar ook de gebouwen, noodvoedingen, grondkabels en dergelijke.

Het grote aantal secundaire stations en de geringe belasting ervan, maakte het gebruik van sternetwerken noodzakelijk, waarin verschillende buitenstations gezamenlijk één frequentie gebruiken. Selectieve oproepsystemen maken het mogelijk dergelijke stations toch individueel te bereiken.

Luchtvaartnetwerken als deze zijn de laatste jaren onder andere geïnstalleerd in Colombia, Ecuador, Peru, Ghana, Mexico en Libya. De luchtvaart is één der belangrijke gebruikers van

```
        4              MAR                    SSN=   10              PE 11,015
    MELBOURNE           TO      PERTH                   AZIMUTHS           KM.
 37,67S - 145,00E          31,95S - 115,87E      274,7 111,6             2720,8
 RHOMBIC  30H 174L  69DEG                           RHOMBIC  30H 161L  71DEG
OFF AZIMUTH   0 DEG,     MIN, ANGLE=  0 DEG,     OFF AZIMUTH   0 DEG,
PWR= 10.00KW          3 MC/S MAN, NOISE = -148 DBW          REQ,S/N= 68DB
                            OPERATING FREQUENCIFS
```

GMT	MUF	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	26	30	
4	19.2														
	1F	2E	2E	2E	2E	2E	2F	1F	1F	1F	1F	1F	-	-	MODE
	6	4	5	5	5	6	21	6	6	6	6	6	-	-	ANGLE
	95	92	92	92	93	93	102	95	95	95	95	95	-	-	DELAY
	.50	.99	.99	.99	.99	.99	.39	.89	.74	.53	.23	.06	-	-	F,DAYS
	102	-137	-39	38	76	73	38	105	106	103	95	79	-	-	S/N,,DB
	110	327	235	162	127	132	169	104	104	109	118	135	-	-	LOSS,DB
	41	-160	-71	-9	21	21	6	45	46	42	36	22	-	-	DBU
	69	286	194	121	86	91	128	63	63	68	77	94	-	-	-DBW
	.50	.00	.00	.00	.77	.69	.00	.88	.74	.52	.23	.05	-	-	REL.
6	19.7														
	1F	2E	3F	2F	2E	2F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	-	-	MODE
	6	4	29	19	5	18	5	5	5	6	6	6	-	-	ANGLE
	95	92	108	100	93	99	95	94	95	95	95	95	-	-	DELAY
	.50	.99	.99	.99	.99	.83	.99	.94	.81	.59	.30	.09	-	-	F,DAYS
	102	-95	36	72	83	81	103	106	107	105	97	80	-	-	S/N,,DB
	110	285	159	128	120	124	104	103	103	107	116	134	-	-	LOSS,DB
	42	-113	-10	19	28	28	46	47	47	44	38	23	-	-	DBU
	69	244	118	87	79	83	63	62	62	66	75	93	-	-	-DBW
	.50	.00	.00	.63	.90	.74	.98	.93	.80	.58	.29	.08	-	-	REL.

Fig. 8. Voorbeeld van enige resultaten van een propagatieberekening voor een HF-communicatieweg met behulp van een computer bij verschillende frequenties (3, 5, ... MHz) telkens voor een periode van 2 h.
Regels 1 ... 6: gegevens betreffende plaats van zend- en ontvangstation, van de antennes en van de zender.
Regel 7: GMT = Greenwich Mean Time, MUF = Maximum Usable Frequency, 3, 5, ... = frequenties waarvoor de computer de propagatieomstandigheden heeft berekend.
Het voorbeeld verschaft de berekeningsresultaten voor 4h GMT en 6h GMT. De 5e regel van elk blok (S/N, DB) geeft de signaal-ruisverhouding, de laatste regel (REL) geeft de betrouwbaarheid van de verbinding voor de desbetreffende frequentie. Met behulp van deze gegevens kan de frequentiekeuze worden gedaan.

HF-communicatiewegen. De groei van het luchtverkeer in gebieden zoals bijvoorbeeld Afrika, waar een groot gebrek bestaat aan continentale dwarsverbindingen, doet verwachten dat aan de toeneming van het gebruik van HF-communicatie voorlopig nog geen einde komt.

Literatuur

[1] TH. COSGROVE and R. D. CHIPP: Economic Considerations for Communication Systems. IEEE Transactions on Communication Technology, Vol. Com. 16, No. 4, August 1968, pp. 513–525.

621.396.61.072.6

Automatisch afstemmend HF-zendersysteem voor 10 en 30 kW [1])

door P.W.L. van Iterson, N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, Huizen



Summary: *An automatically tuned HF transmitting system for 10 and 30* kW.
The 10-kW and 30-kW transmitters designed by N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie for point-to-point, ship-to-shore and air-to-ground communication are described. The ancillary driving equipment and co-axial antenna switches are also discussed. The system is suitable for remote-controlled, unattended stations with ISB, SSB, DSB, CW and FSK transmitting modes.
The transmitter can be equipped with a 10-frequency high-stability crystal oscillator or with a frequency synthesized oscillator.

1. Inleiding

Voor 10-kW HF-radioverbindingen waarbij men slechts over één of twee zendfrequenties behoeft te beschikken worden over het algemeen 'channelized' zenders toegepast, d.w.z. zenders met voor elke benodigde frequentie een afzonderlijke RF-versterker. Indien het aantal beschikbare frequenties hoger dient te zijn wordt het op economische gronden aantrekkelijk automatisch afstemmende zenders te gebruiken. Voor hogere zendvermogens (bijvoorbeeld 30 kW) komen om dezelfde reden uitsluitend dergelijke zenders in aanmerking.

Dank zij de toepassing van moderne tetroden met grote versterking zijn in 10-kW en 30-kW zenders zeer weinig verster-

[1]) Voordracht gehouden voor het NERG tijdens de 198e werkvergadering te Huizen.
Manuscript ontvangen 17 januari 1969.

kertrappen met buizen nodig. Desondanks is een automatisch afstemmende zender gecompliceerder dan één die met de hand moet worden ingesteld. Het kleine aantal automatisch af te stemmen kringen, gecombineerd met de toepassing van transistor-servoversterkers en het gebruiken van geïntegreerde logische schakelingen en reed-relais voor de vergrendeling maken het mogelijk de voor deze zenders benodigde hoge betrouwbaarheid te realiseren.

De stuurapparatuur bestaat uit 'ISB' ('independent side band') en 'FSK' (frequency shift keying') -voormodulatoren in combinatie met een breedbandige frequentie-omzetter [1]. Als frequentiebron kan, afhankelijk van de toepassing van de zender, hetzij een kristaloscillator voor 10 frequenties of een 'frequentie-synthesizer' worden gekozen. De frequentie-synthesizer kan bovendien worden uitgebreid met een programmeringseenheid voor 10 tot 40 frequenties. Hiermede wordt zowel een snelle frequentiewisseling als een gemakkelijke keuze van de juiste frequentie verkregen met minder kans op vergissingen, die bijzonder gevaarlijk zouden kunnen zijn. Deze programmeringseenheid is ter plaatse te programmeren door stekers in een matrixpaneel te verwisselen. Bovendien kunnen met behulp van dit matrixpaneel tevens de bij een bepaalde frequentie behorende seinwijze en antenne worden vastgelegd.

2. Wijze van uitvoering

Over de wijze van uitvoering kan het volgende worden opgemerkt.

a. Een onbemand op afstand bediend zendersysteem dient een zeer hoge betrouwbaarheid te bezitten. Daarom zijn de versterkertrappen zoveel mogelijk breedbandig gemaakt, terwijl door de toepassing van transistoren tot een vermogen van 1 W het aantal buizen is teruggebracht tot vijf voor alle trappen samen. Het toepassen van transistoren, die geschikt zijn voor grotere vermogens en die bovendien een intermodulatie-distorsie kleiner dan of gelijk aan 50 dB bezitten, is om economische redenen niet aantrekkelijk, terwijl bovendien breedbandtegenkoppeling over enige transistorversterkertrappen gecompliceerd is. Men zou in plaats van brede-bandversterkers ook zogenaamde 'distributed amplifiers' kunnen toepassen. Bij dit type versterker zijn de roosters van de verschillende buizen aangesloten op de opeenvolgende secties van een kunstlijn, evenals de anoden. Dit type versterker wordt vaak aanbevolen voor het versterken van brede frequentiebanden. Zij hebben echter het nadeel dat zij veel meer buizen bevatten, waardoor de gemiddelde tijd tussen storingen, de 'mean-time-between-failures' (MTBF) aanzienlijk korter zal zijn dan die van de hier gekozen versterkers.

b. De vergrendeling, de beveiliging en in het bijzonder de volgorde-programmeringseenheid, die het automatisch afstemproces bestuurt, blijken niet betrouwbaar genoeg te zijn wanneer met conventionele relais wordt gewerkt. In deze zender zijn daarom geïntegreerde logische schakelingen toegepast in combinatie met 'reed'-relais. Ook de verschillende tijdrelais zijn uitgevoerd in vaste-stoftechnieken evenals de servoversterkers, waarvan de uitgang met thyristors is uitgevoerd.

Het zoeken naar fouten wordt gemakkelijker gemaakt door het gebruik van een met behulp van lampjes zichtbaar gemaakt diagram, een zogenaamd mimisch diagram, dat de verschillende fasen in het proces aangeeft.

c. De betrouwbaarheid is verder gewaarborgd door toepassing van collectorloze stappenmotoren voor de aandrijving van de verschillende assen. Deze digitale aandrijving maakt een tachogenerator overbodig, daar het circuit op zichzelf voldoende stabiel en nauwkeurig werkt. De motoren zijn uitgevoerd met 50 poolparen, zodat het as-toerental met 50-Hz netfrequentie reeds zo laag is dat een zeer eenvoudige overbrenging voldoende is.

d. De betrouwbaarheid van de voeding is verhoogd door gebruik te maken van in serie geschakelde 'avalanche-controlled' siliciumdioden. Aldus wordt de noodzaak van het gebruik van een groot aantal parallel geschakelde condensatoren en weerstanden vermeden. De hoogspanningstransformator is apart beschermd tegen inschakelstroomstoten met behulp van een RC-combinatie voor elke secundaire wikkeling. Met een speciale correctieschakeling is de zenderafregeling vrijwel onafhankelijk van variaties van de netspanning gemaakt. Pas bij netspanningsafwijkingen die groter worden dan ongeveer 5% is een netspanningsstabilisator nodig.

e. Om de installatie van dergelijke zenders zo eenvoudig mogelijk te houden heeft men de zenderkasten zo ontworpen, dat men de aansluitingen voor de toe- en afvoer van de koellucht op meerdere plaatsen kan aanbrengen.

f. De flexibiliteit in de opstelling is zo groot mogelijk gemaakt door alle onderdelen van de voorzijde af bereikbaar te maken. De zenders zijn dan ook met de achterzijden tegen elkaar te plaatsen.

g. Korte frequentie-omschakeltijden geven vanzelfsprekend hogere contactsnelheid en dus grotere slijtage van de contacten. Om toch de noodzakelijke levensduur te kunnen garanderen worden de contacten vervaardigd uit een mengsel van zilver en kool, waardoor ze zelfsmerend zijn.

3. Opbouw van het zendersysteem

Het zendersysteem is opgebouwd uit een aantal eenheden dat voor meer typen zenders geschikt is, zoals bijv. 10-kW lineaire versterker, 30-kW lineaire versterker, ISB (Independent Side Band) voormodulator, FSK (Frequency Shift Keying) voormodulator, Sterkstroomvoedingseenheid, enz.

Bovendien wordt in de 10-kW en 30-kW lineaire versterkers een groot aantal identieke eenheden gebruikt, zoals servoversterkers en potentiometers, 1-W transistorversterkers, 100-W stuurapparaten, afstemmotoren en dergelijke.

Bij de afstandsbediening van de zenders wordt voor de overdracht van de opdrachten en de terugmeldingen een aderbesparend gelijkstroomsysteem gebruikt, dat hetzij op 'frequency-division' hetzij op 'time-division' berust. De zender kan via een coaxiaal schakelsysteem op verschillende antennes worden aangesloten. Daar in grote zendersystemen vele van deze schakelaars nodig zijn is het schakelsysteem zo klein mogelijk gehouden. In fig. 1 is een voorbeeld van een zendersysteem weergegeven.

4. Beschrijving van de lineaire versterkers

Aan de ingang van de lineaire versterker (zie fig. 2) bevindt zich een 1-kW breedbandige transistorversterker. Het benodigde ingangsvermogen hiervoor bedraagt 50 mW; deze waarde is hoog genoeg om instabiliteit te voorkomen. Bovendien kan er nu 3 dB demping in de coaxiale kabel komende van de stuurapparatuur met 100-mW uitgangsvermogen toegelaten worden. De versterking van de zender wordt geregeld met een door een motor aangedreven ingangspotentiometer aan de ingang. De transistoren werken in klasse A, met een zeer ruime stroom-

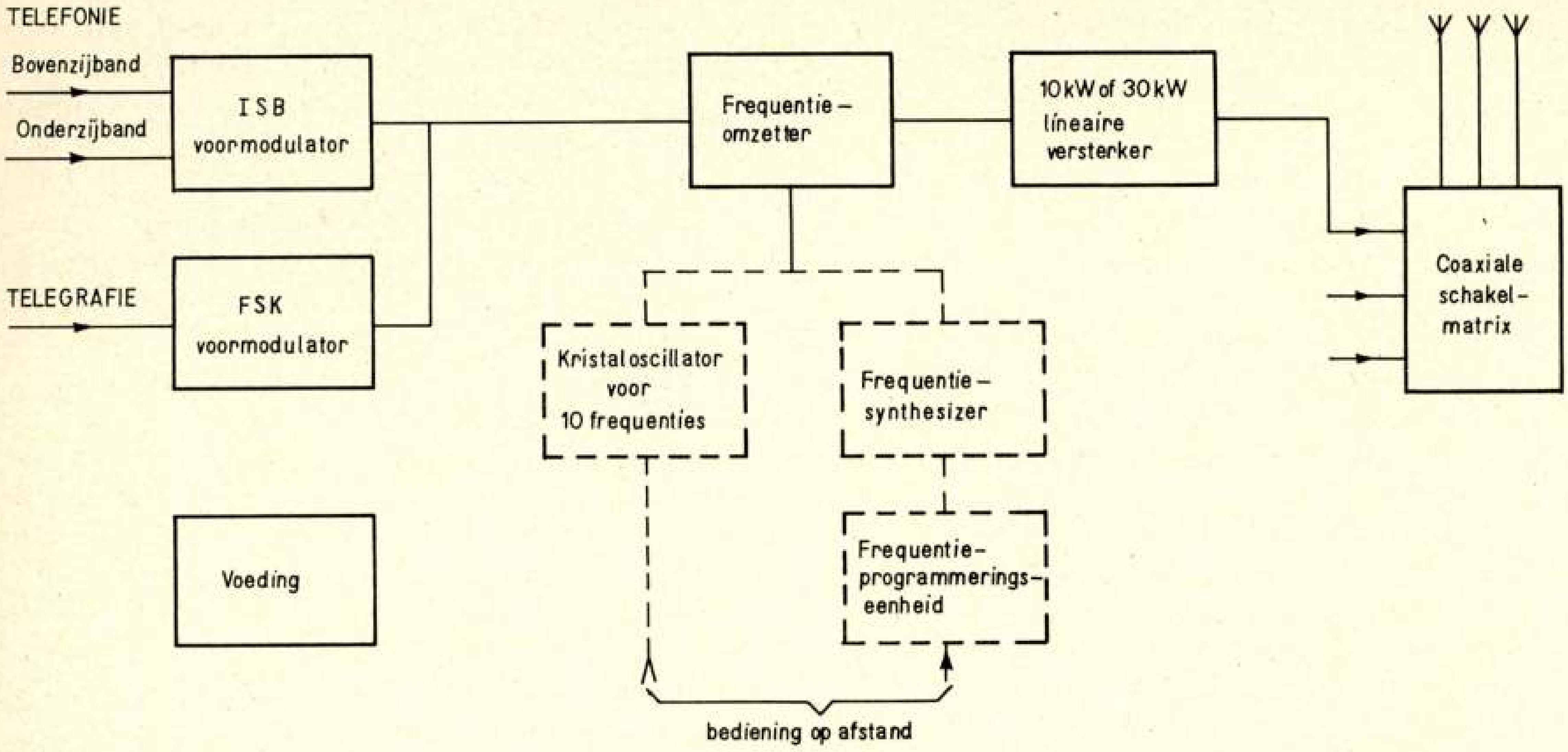


Fig. 1. Zendersysteem, bestaande uit stuurapparatuur, lineaire versterkers en coaxiale schakelmatrix.

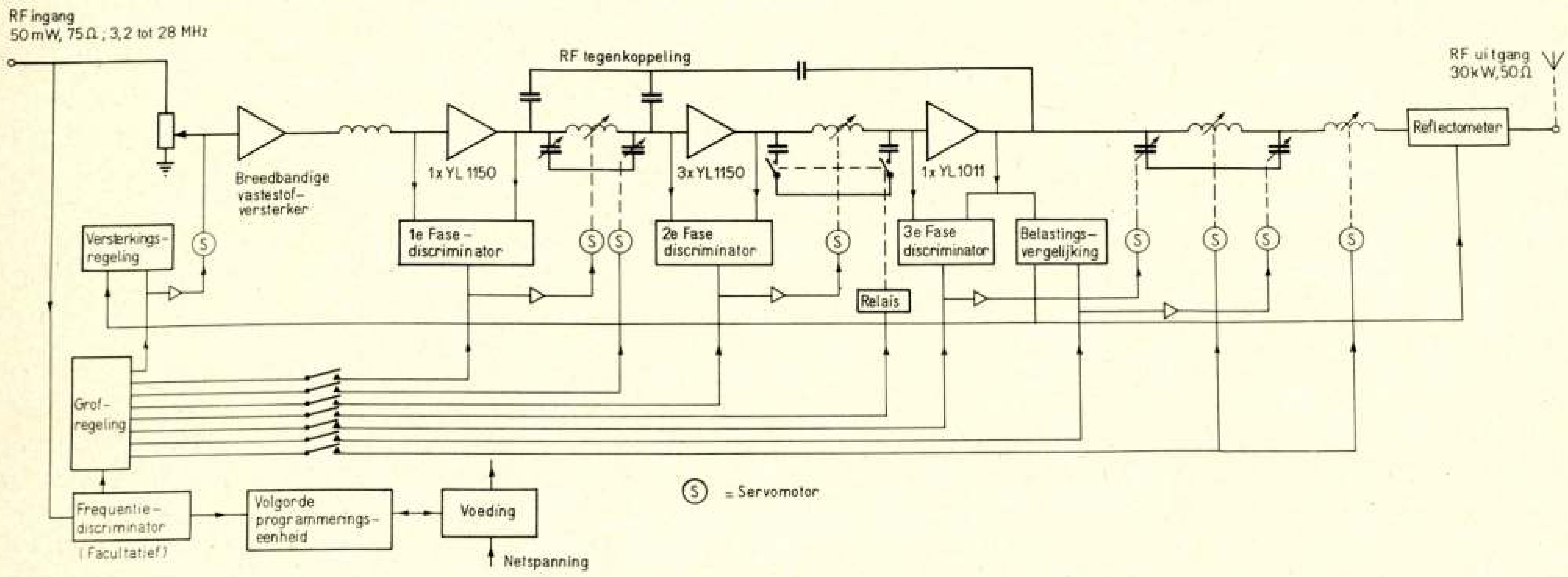


Fig. 2. Principeschema van een automatisch afstemmende 30-kW zender.

instelling. De intermodulatiedistorsie blijft hiermede onder 50 dB ten opzichte van één toon bij een twee-tonen meting.

De 100-W stuurtrap bestaat uit een 10-W anode-afgestemde trap, uitgevoerd met een buis YL 1150 en gevolgd door een anode-afgestemde trap met drie buizen YL 1150 parallel. De ingang van de eerste buis is met de gebruikte impedantie-transformator niet voldoende breedbandig tot 28 MHz. Om dit toch te bereiken wordt voor de band van 19 tot 28 MHz met behulp van reed-relais een extra netwerk tussengeschakeld, waardoor de ingangs-staande-golf-verhouding laag genoeg blijft in verband met de belasting van de 1-W versterker.

De tegenkoppeling van de eindbuisanode geschiedt via een capacitieve spanningsdeling. De tegenkoppelspanning wordt via een capacitieve brugschakeling naar het rooster van de buizen van de stuurtrap toegevoerd. De voetcondensatoren van de brug vormen een deel van de afgestemde π-sectie. In verband met de toleranties van de omschakelbare condensatoren voor de verschillende frequentiebereiken, wordt de brug per frequentiebereik afgeregeld op de evenwichtstoestand. Op deze manier is een zeer stabiele breedbandige tegenkoppeling zonder complicaties te verkrijgen. De tegenkoppeling bedraagt ongeveer 12 dB en komt de algehele stabiliteit van de zender zeer ten goede. Juist dank zij deze tegenkoppeling over de laatste twee trappen is het niet nodig een voorcorrectie in de voortrappen aan te brengen, om de eindtrapdistorsie op te heffen. De moeilijkheden om deze voorcorrectie te realiseren zijn groot vanwege het grote aantal buizen, dat voor een 'distributed amplifier' nodig is.

De eindtrap bestaat uit een enkele tetrode in geaarde kathodeschakeling met een afgestemde 'π + L'-sectie in de eindtrap. Voor de 'feeder'-uitgang bevindt zich nog een extra laagdoorlatend filter voor onderdrukking van de harmonischen boven 40 MHz.

De 10-kW zender met tetrode 4CX 15 000 werkt met twee door een motor bediende continu te variëren spoelen, terwijl de vaste keramische condensatoren per frequentiebereik omgeschakeld worden.

De 30-kW zender met tetrode YL 1011 werkt zowel met twee met behulp van een motor te variëren vacuümcondensatoren als met twee door een motor continu te variëren spoelen. De

laatste worden echter alleen op de juiste waarde voor de verschillende frequentiebereiken ingesteld en staan dus stil bij de eigenlijke automatische afstemming.

De koeling en voeding van de eindbuizen is zodanig gedimensioneerd, dat de vermogens van 10 respectievelijk 30 kW ook continu afgegeven kunnen worden; dit is noodzakelijk voor de FSK-seinwijze en de omroep.

5. De automatische afstemming

De afstemming werkt geheel automatisch, dat wil zeggen zodra een nieuwe frequentie gekozen is volgt de zenderafstemming deze nieuw gekozen frequentie. Nadat de zender afgestemd is, wordt automatisch overgeschakeld naar de normale bedrijfstoestand. Bij de eindtrap blijven de afstemelementen in werking om de naderhand optredende variaties in de impedantie van de 'feeder' te kunnen volgen.

Het afstemproces bestaat uit de volgende fasen (zie fig. 2):
a. Keuze van de frequentie via de kristaloscillator of de 'frequentie-synthesizer'.
b. Grofregeling van de instelling. De informatie voor de grofregeling kan naar keuze of door middel van zes gelijkstroomdraden in BCD-code worden afgeleid uit de frequentie-synthesizer (deze levert 0 tot 9 maal 1 MHz plus 0 tot 2 maal 10 MHz) of met behulp van een frequentiediscriminator direct uit de stuurfrequentie zelf. Uiteraard verdient in vele gevallen de eerste methode de voorkeur, aangezien deze informatie reeds in digitale vorm aanwezig is. In de fase van de grofregeling worden de verschillende assen in de juiste positie gebracht, zonder dat de versterker met RF-vermogen wordt gestuurd.
c. Fijnregelingsfase zonder RF-tegenkoppeling. In deze fase worden de assen nagesteld, de afstemcriteria zijn respectievelijk de fase van de trapversterking, de belasting van de eindtrap en de totale versterking.
d. Fijnregelingsfase met RF-tegenkoppeling. In deze fase is slechts een zeer kleine nacorrectie nodig, daar de assen al bijna in de juiste stand staan.
e. Transmissiefase. De lineaire versterker wordt weer omgeschakeld naar zijn normale werkpositie, de eindtrap-elementen blijven echter opgenomen in het automatische afstemproces. Alle andere automatische regelingen worden uitgeschakeld en de bijbehorende assen blijven dank zij het mechanisch geheugen van de motor, op hun ingenomen positie staan. Ook de versterkingsgraad wordt met behulp van dit motorgeheugen geregeld. Variatie in het ingangssignaal heeft dus geen invloed op de versterking.

De informatie voor de grofregeling wordt verkregen via de contacten van een aantal reed-relais die aan de hand van de gekozen zendfrequentie bepaalde gelijkspanningen per as en per positie inschakelen. Dit systeem werkt als een digitaal-analoog-omzetter. Aan de assen zijn servopotentiometers gekoppeld, die een gelijkspanning afgeven welke een functie is van de stand van de as. Het verschil van de gelijkspanningen wordt naar een servoversterker gevoerd die de bijbehorende motor doet draaien tot in de stand waarin de verschilspanning nul wordt.

De ingang van de servoversterker bestaat uit een gevoelige zeer stabiele gelijkspanningsversterker, terwijl de uitgangstrap met thyristors uitgevoerd is. Ten gevolge van de positieve ingangsspanning wordt de uitgangsthyristor behorend bij de rechtsom-draairichting doorgeschakeld, bij een negatieve ingangsspanning wordt de thyristor behorend bij de linksom-draairichting doorgeschakeld. De servoversterker heeft dus een analoge ingang en een digitale uitgang. Om de servoversterker uitwendig te kunnen in- en uitschakelen zijn er nog enkele poortschakelingen ingebouwd.

In de fijnregelfase wordt de uitgang van de discriminator verbonden met de ingang van de desbetreffende servoversterker. Voor de afstemming worden fasediscriminatoren gebruikt, voor de 'gain control' een amplitudediscriminator, terwijl de belasting wordt geregeld via een belastingsdiscriminator (reflectometer).

De volgorde van het afstemproces wordt bepaald door de in de volgorde-programmeringseenheid vastgelegde volgorde. Zolang één van de motoren nog draait, wordt een gelijkspanning afgegeven, die voorkomt dat de volgende fase ontijdig begint.

Indien een fase langer dan een bepaalde tijd, bijvoorbeeld 30 seconden duurt, wordt het proces gestopt en alarm gegeven. Waarschijnlijk is er dan ergens een defect in het systeem en op deze wijze wordt mogelijke verdere beschadiging voorkomen. Ook gedurende het afstemproces is de beveiliging van de zender in werking. Te hoge kathodestroom in de eindbuis wordt voorkomen door aan de servoversterker, die de versterking regelt, het commando 'omlaag regelen' te geven.

6. Beveiliging en vergrendeling

De zender is elektronisch beveiligd met behulp van logicaschakelingen. De ingangen van de beveiligingseenheid zijn zwevend gehouden door het gebruik van een reed-relais; dit geeft vooral bij hoge kortsluitstromen een veel betrouwbaarder werking. Zodra een overstroom wordt geconstateerd, wordt de zender uitgeschakeld en vervolgens één seconde later automatisch opnieuw ingeschakeld. Na drie herhalingen wordt de zender definitief uitgeschakeld. Naast deze beveiliging tegen overstroom is er ook nog een beveiliging tegen een te hoge staande-golfverhouding, het ontbreken van luchtkoeling, een te hoge dissipatie van de eindbuis en dergelijke.

Afgezien van de normale beveiliging, bijvoorbeeld de vergrendeling met behulp van deurcontacten, de inschakelvolgorde van de gloeispanning, de roosterspanning en de anode- en schermroosterspanning zijn er nog enkele additionele maatregelen getroffen. Reeds genoemd is de onderlinge vergrendeling van de verschillende afstemfasen door middel van de volgorde-programmeringseenheid. Ook zijn er nog elektrische eindcontacten op de diverse aandrijvingen, vergrendelcontacten op de schakelaars voor de frequentiegebieden en dergelijke.

7. Meetmogelijkheden en opsporing van fouten

Het controlepaneel van de zender is uitgerust met een groot aantal meetinstrumenten, waarmee alle belangrijke spanningen en stromen zijn te meten. Zo kunnen onder andere de ingangsspanningen van alle servoversterkers gemeten worden met behulp van een omschakelbare meter. Het uitgangsvermogen wordt gemeten via een ingebouwde reflectometereenheid; hiermede kan tevens het gereflecteerd vermogen worden gemeten. Door een correctieschakeling is rechtstreeks het afgegeven vermogen af te lezen, zonder dat het gereflecteerd vermogen nog eens extra moet worden afgetrokken.

Op het controlepaneel is tevens een mimisch diagram aangebracht (zie fig. 3) met lampjes die op elk ogenblik de toestand aangeven waarin het afstemproces, de schakeling en de beveiliging zich bevinden, een totaalteller die alle opgetreden de-

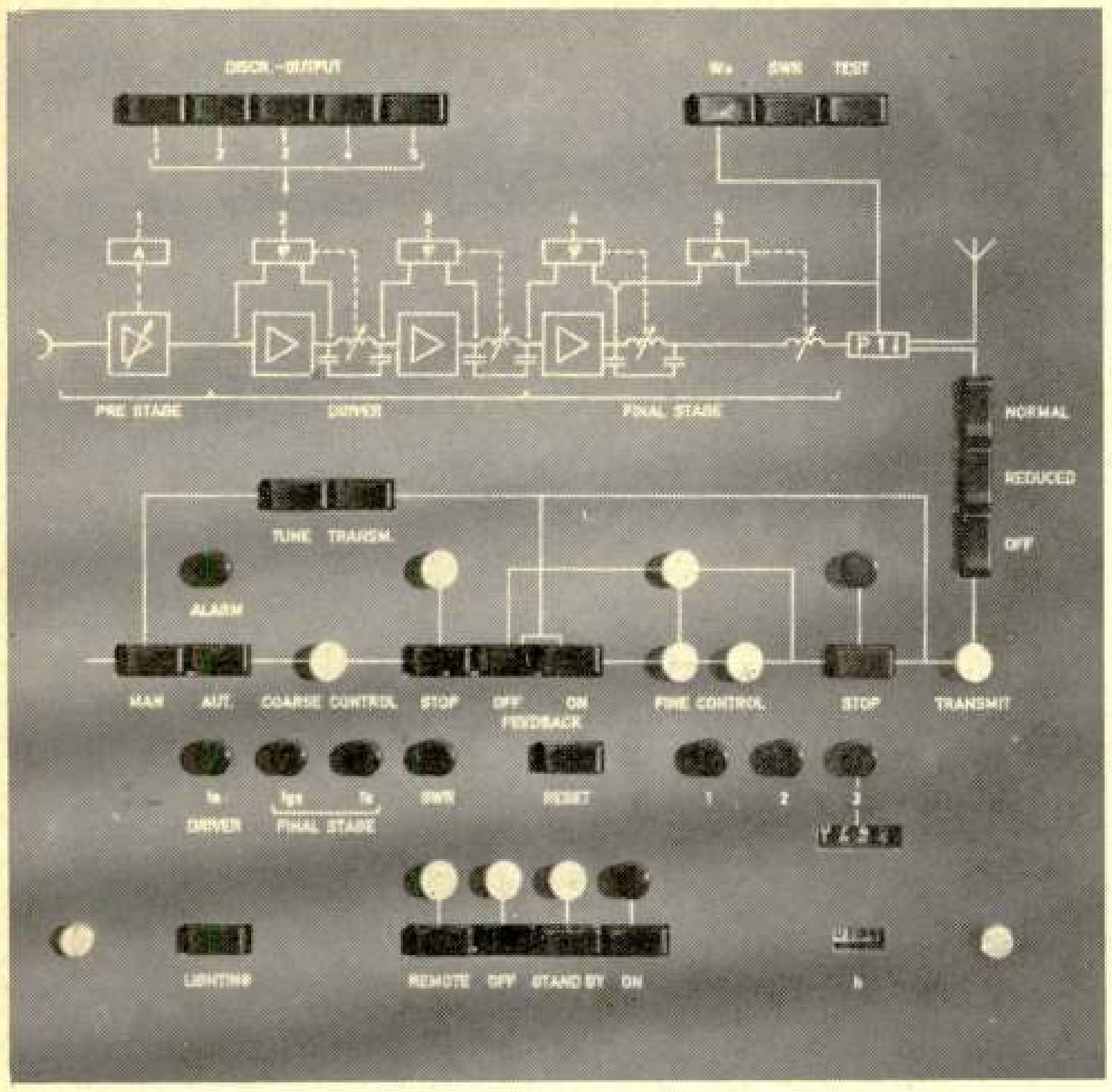


Fig. 3. Schakelbordschema van een automatisch afstemmende 10-kW zender.

fecten optelt en een urenmeter. Met behulp van drukknoppen in het mimisch diagram kan het automatische afstemproces na iedere fase worden onderbroken. Zo is bijvoorbeeld aan het einde van de grofregelingsfase de positie van iedere as afzonderlijk te controleren met behulp van mechanische tellers op het voorpaneel. Evenzo zijn na de fijnregeling alle meterstanden te controleren alvorens tot een volgende fase wordt overgegaan.

Het automatische afstemproces is ook nog geheel uit te schakelen; de zender kan dan van het voorpaneel af geheel met de hand op de conventionele manier worden afgestemd.

Het snel kunnen repareren van een eventueel defect wordt gewaarborgd door een goede toegankelijkheid dank zij sledeconstructies (zie fig. 4a, b, c, d). Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van eenheden met stekers die gemakkelijk verwisseld kunnen worden. Ook het zoveel mogelijk gebruik maken van identieke insteekbare platen met gedrukte bedradingen en dergelijke, is voor het gemakkelijk onderhouden van belang.

De eindbuis van de 30-kW zender kan met behulp van een handwiel uit de buishouder worden gelicht (zie fig. 5). Daarna kan de gehele buis met zijn isolatiekoker naar buiten worden gedraaid en worden verwisseld. Mechanische nokken voorkomen het stukdraaien van de buis of de buishouder.

8. Koeling

Voor vermogens tot 30 kW is luchtkoeling in het algemeen het meest aangewezen. Alleen in uitzonderingsgevallen is vapotron- of waterkoeling voordeliger.

Voor de 10-kW zender is een eenvoudig druksysteem met al of niet ingebouwde ventilator gekozen. De koude lucht wordt door de ventilator aangezogen en langs de hoogspanningstrafo, door de buisvoet en door de anoderadiator via de bovenzijde van de zender afgevoerd. De ventilator is ook buiten de kast te plaatsen wanneer de omstandigheden dat wenselijk maken. Uiteraard is dan het geluidsniveau, vooral in het gebied van de

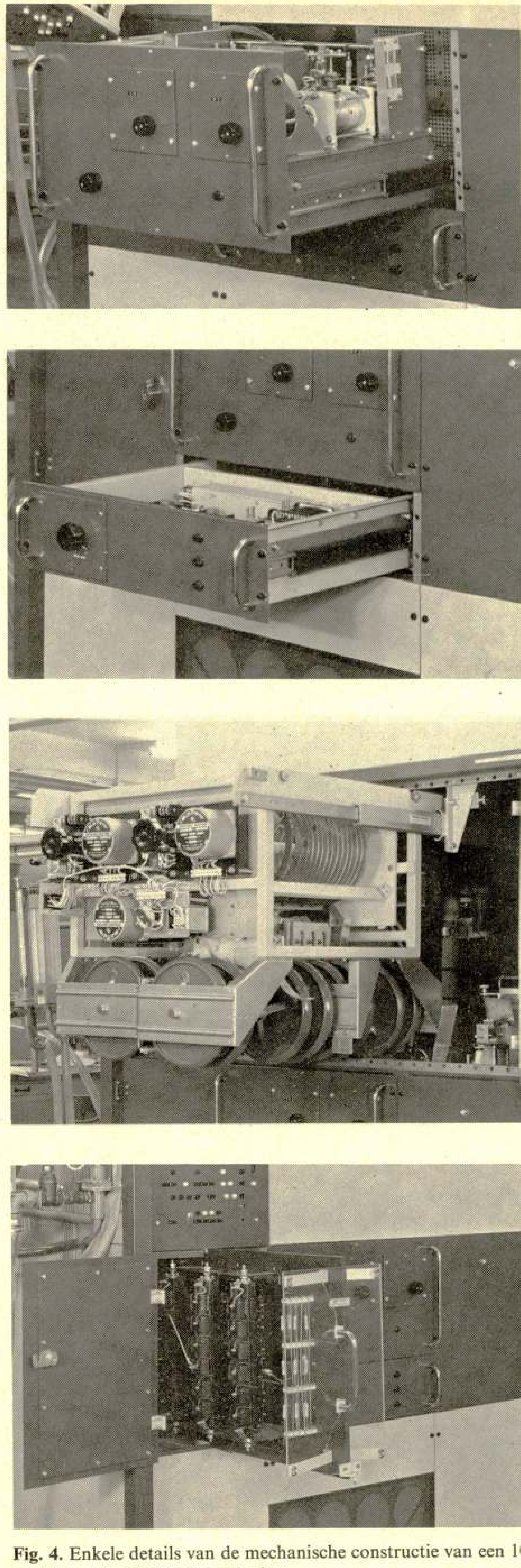


Fig. 4. Enkele details van de mechanische constructie van een 10-kW zender met inschuifbare eenheden.

lagere frequenties van het hoorbare geluid, aanzienlijk zwakker. De lucht wordt in een dergelijk geval via pijpleidingen aangezogen en weer uitgeblazen.

Voor de 30-kW zender is een zuigsysteem gekozen, waarbij een onderdruk in de kast heerst. Het gehele zuigsysteem moet dus stofdicht zijn. De ventilator bevindt zich in dit geval altijd buiten de kast. Zowel de aanvoerleiding als de afvoerleiding van de hoofdluchtstroom bevinden zich in een doos in de bodem van de kast. Op deze wijze is een zeer flexibel luchtcirculatiesysteem verkregen met diverse mogelijkheden voor aan- en afvoer. De hoofdluchtstroom koelt achtereenvolgens de spoelen en de anode-radiator. Boven in de kast bevindt zich nog een stoffilter dat dient voor het zuiveren van de hulpluchtstroom waarmede de 100-W stuurtrap en de voet van de eindbuis worden gekoeld.

9. Verkorte specificatie van de 10-kW zender type RZ 520

RF-uitgangsvermogen	: 10-kW PEP en gemiddeld
Frequentiegebied	: 2 ... 28 MHz, desgewenst 1,6 ... 25 MHz
Afstemtijd	: normaal 10 seconden, maximaal 30 seconden
Uitgangsimpedantie	: 50 ohm; staande-golfverhouding 1 : 2
Intermodulatie distorsie	: oneven harmonischen liggen 36 dB lager dan één van twee gelijke testtonen
In de praktijk veel voorkomende waarde	: 40 dB
Afmetingen	: 1200 bij 1850 bij 700 mm.

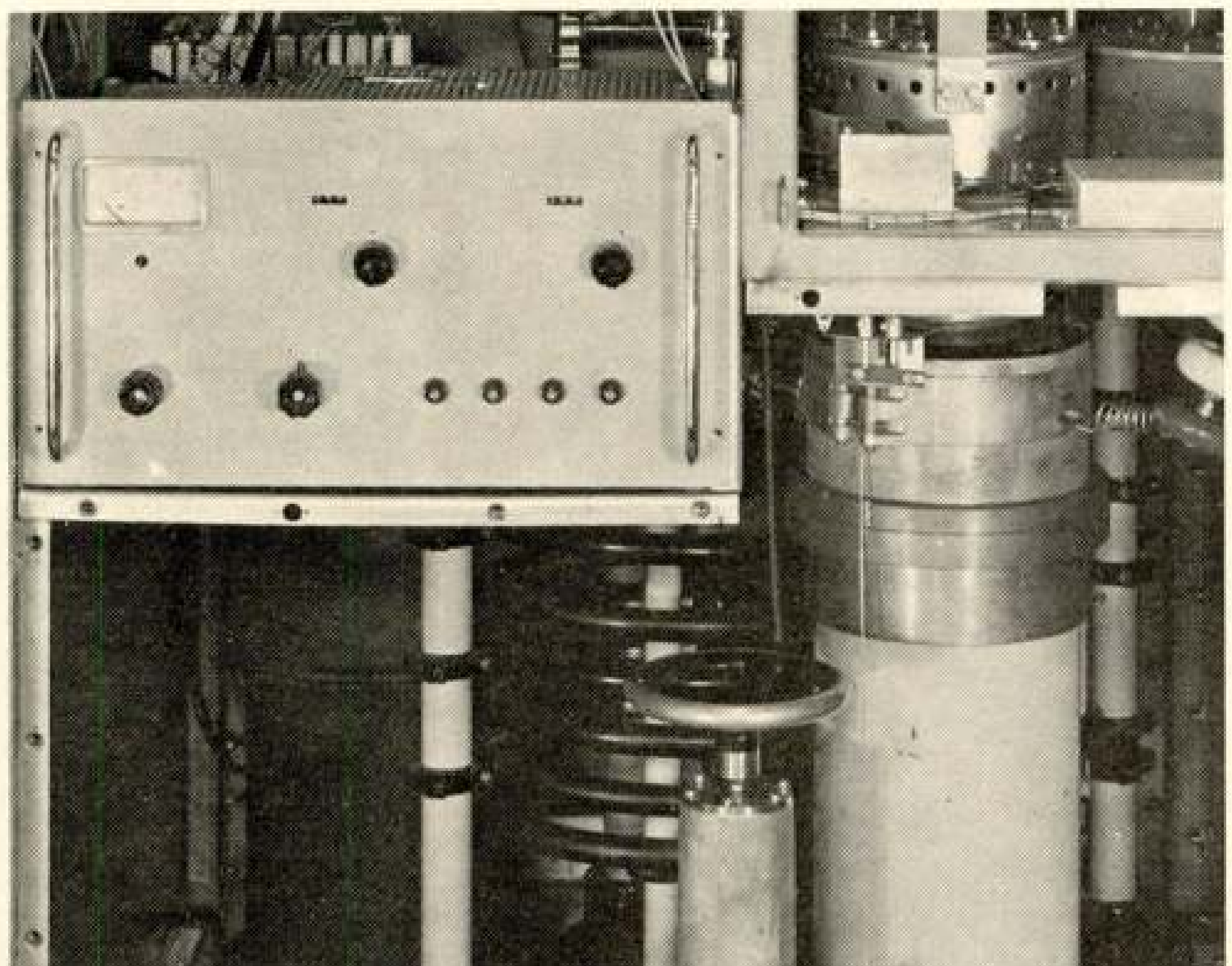


Fig. 5. Detail van de constructie voor het verwisselen van een buis.

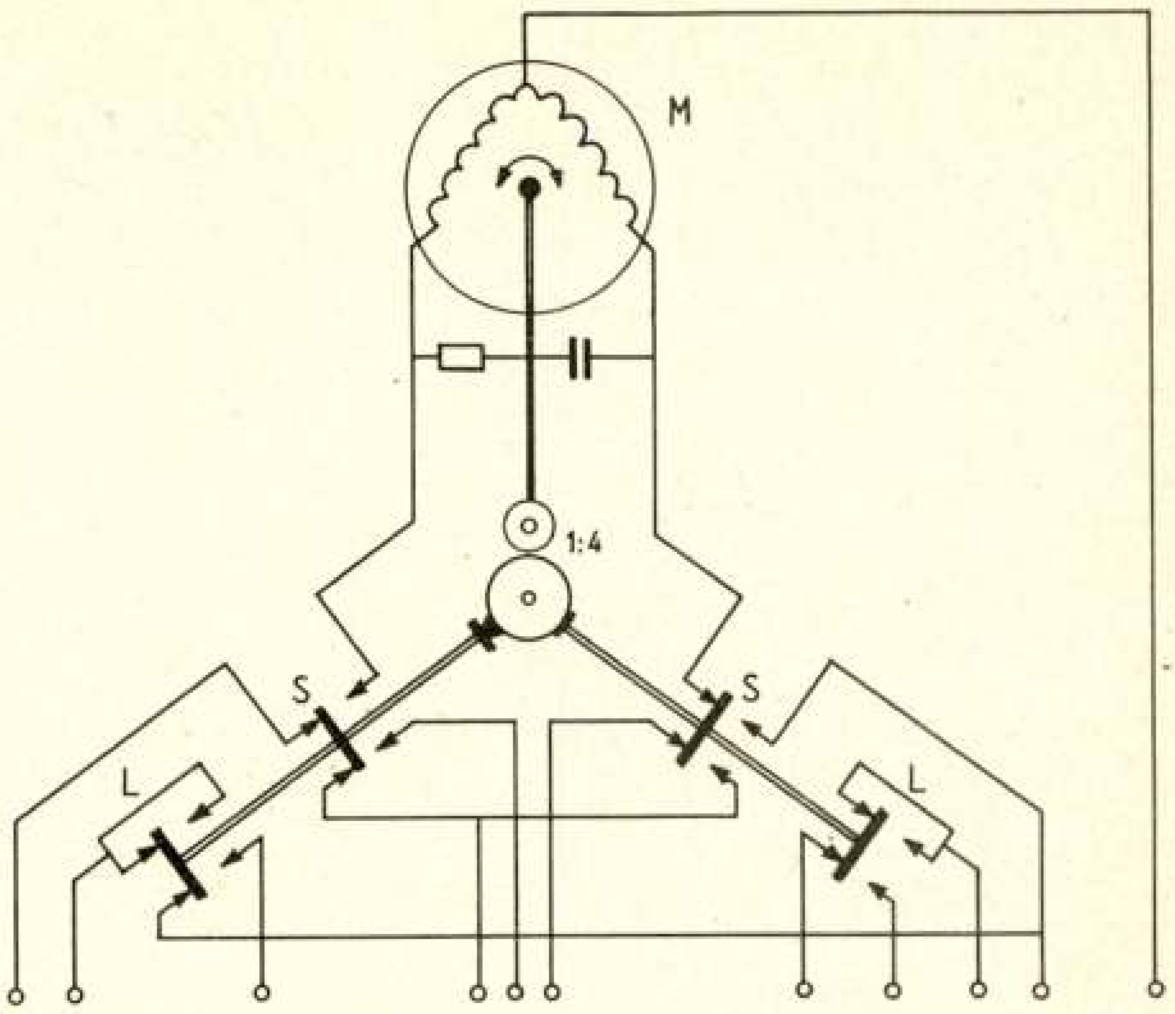


Fig. 6. Principeschema van een door een motor bediende coaxiale schakelaar met 'stop'-contacten (S) en vergrendelingscontacten (L). M: stappenmotor.

10. Coaxiaal matrix-schakelsysteem

In veel gevallen is een grote flexibiliteit nodig van de mogelijkheden van verbinding tussen de zenders en de antennes. Juist het gebruik van coaxiale 50 ohm feeders maakt het mogelijk om voor dit doel een compact schakelsysteem te ontwerpen.

Een schakelsysteem in matrixvorm heeft het voordeel van een zeer grote flexibiliteit. Aan de andere kant is voor dit systeem, vooral bij zeer grote stations met meer dan 10 zenders, een zeer hoge investering nodig. In vele gevallen is een aanzienlijke besparing te verkrijgen door twee aparte matrices toe te passen met één of twee doorverbindingen van deze beide matrices. De flexibiliteit van het systeem wordt hierdoor uiteraard wat geringer maar kan bij een nauwkeurige bestudering van de behoefte uit economische overwegingen verantwoord blijken te zijn.

De volgende punten hebben een rol gespeeld bij de ontwikkeling van het schakelsysteem:

a. Kleine afmetingen. Met een afstand tussen de schakelaars van 15 cm hart-op-hart kan met een blok van 15 × 20 schakelaars aan deze voorwaarde zeer goed worden voldaan. Een blok van deze omvang biedt als regel voldoende flexibiliteit.

b. De bediening moet op afstand kunnen gebeuren; in noodgevallen moet handbediening mogelijk zijn.

c. De betrouwbaarheid moet zeer hoog zijn; daaraan is te voldoen door voor de aandrijving de eerder besproken stappenmotor te gebruiken waardoor het gehele systeem zeer eenvoudig kan worden. Het in de juiste stand brengen gaat met behulp van micro-schakelaars (zie fig. 6) die, omdat de RF-contactvlakken breed zijn, niet bijzonder nauwkeurig behoeven te zijn. Voor de voeding is slechts tweemaal 60-V wisselspanning nodig. De meer gecompliceerde pneumatische aandrijvingen vergen een veel groter vermogen.

d. De schakelaars moeten geschikt zijn voor continu gebruik in zenders met een vermogen tot 30 kW en een staande-golfverhouding van de belasting tot 1 op 2. Om deze reden worden zilver-koolcontacten gebruikt die een grote RF-stroomsterkte kunnen verdragen en die, omdat ze zelfsmerend zijn, weinig onderhoud vragen. Bovendien moet de eigenverstoring van het

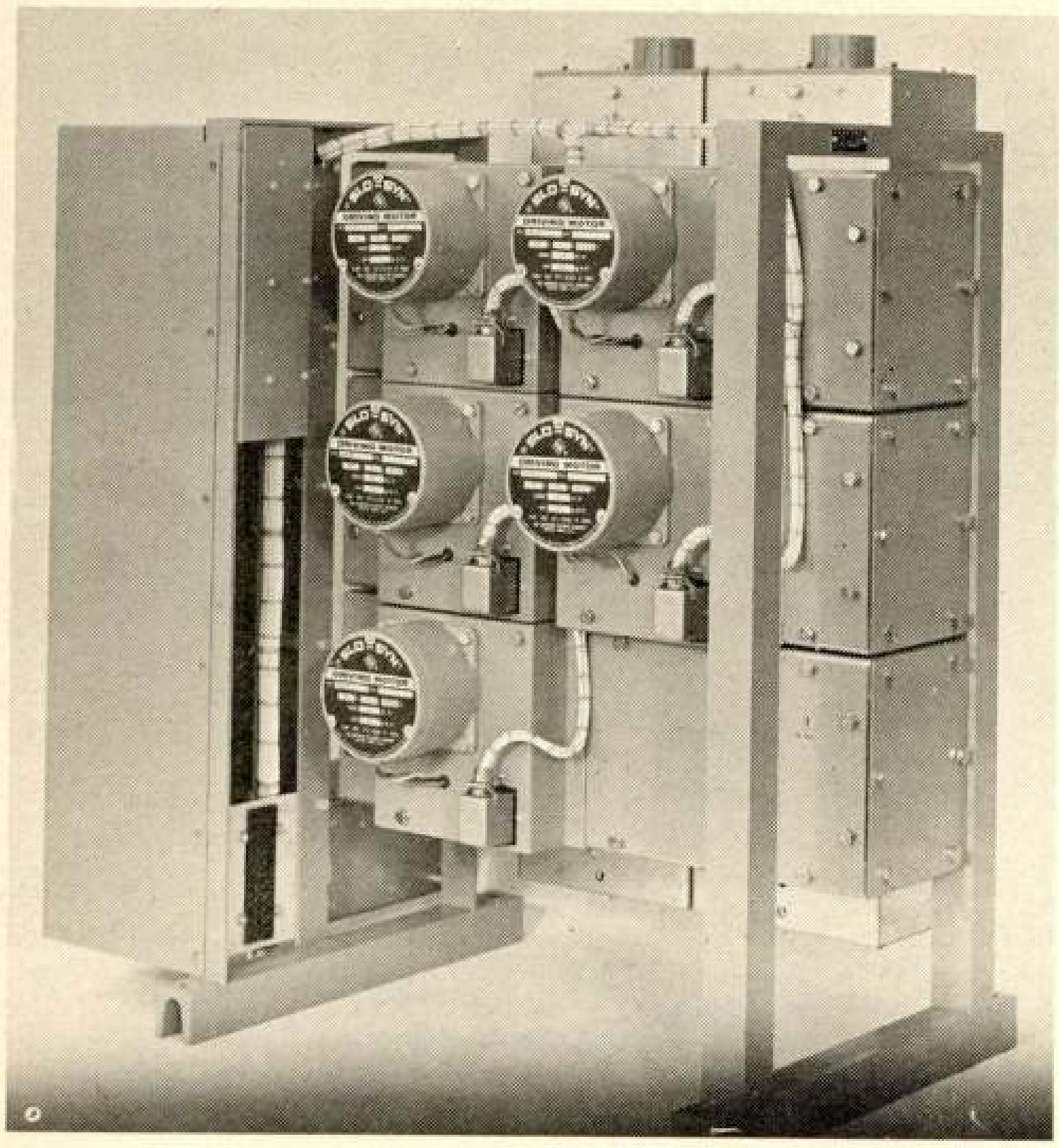


Fig. 7. Klein matrix-schakelsysteem dat slechts bestaat uit 5 schakelaars met ingebouwde koppelrelais voor de zender en voor de voedingstransformator van de motor.

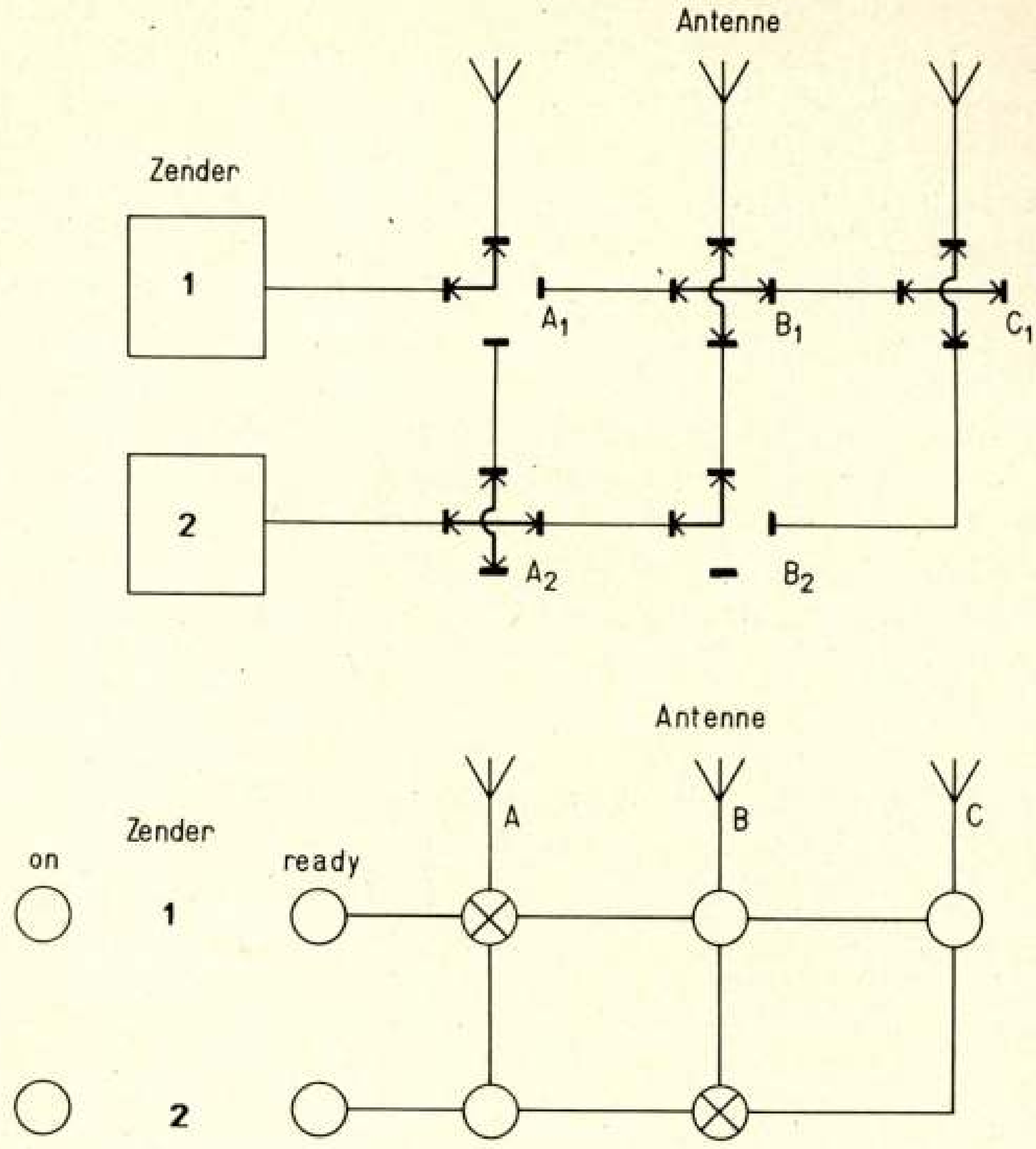


Fig. 8. Sterk vereenvoudigd principeschema van een coaxiale schakelmatrix met bedieningspaneel en schakelbordschema. De schakelaars A_1 en B_2 zijn in bedrijfsstand en B_1, C_1 en A_2 in ruststand.

schakelsysteem zeer klein zijn, zelfs wanneer 20 schakelaars in serie worden geschakeld.

e. Om verkeerde schakelmanipulaties te voorkomen is een zeer betrouwbare bediening van de zendervergrendelcontacten en de RF-contacten noodzakelijk. Dank zij het gekozen aandrijfsysteem met een omschakeltijd van één seconde is dit zonder veel moeite te verwezenlijken, ook weer in tegenstelling met de pneumatisch aangedreven systemen.

f. Het schakelsysteem moet uit te breiden zijn zonder al te grote complicaties. Om deze reden zijn de coaxiale geleiders in horizontale en verticale richting met betrekkelijk eenvoudige middelen te verlengen. Door andere eindstukken te gebruiken zijn de aansluitingen ook geschikt te maken voor andere typen kabel of voor coaxiale pijpen.

De matrix is opgebouwd uit horizontale en verticale rechthoekige coaxiale geleiders, die achter elkaar zijn opgesteld (zie fig. 7). Aldus is een zeer robuuste zelfdragende constructie verkregen die slechts een enkele bevestiging, bijvoorbeeld aan zolder, muur of vloer, behoeft. Op de kruispunten bevinden zich de eigenlijke schakelaars die of in rust- of in werkpositie kunnen staan (zie fig. 8). De verbindingen met de antenne lopen via de in fig. 8 aangegeven verticale balken aan de achterzijde, de verbindingen met de zender via de horizontale balken aan de voorzijde. Binnen in deze rechthoekige balken bevinden zich de coaxiale binnengeleiders tussen de kruispunten. Deze binnengeleiders zijn voorzien van extra condensatorplaten, die dienen om de inductieve verstoring van de schakelaars te compenseren. De afsnijfrequentie ligt ongeveer bij 400 MHz zodat tot 30 MHz de staande-golfverhouding laag blijft.

In fig. 8 is tevens het bedieningspaneel met het mimisch diagram aangegeven. Op de kruispunten in het mimisch diagram bevinden zich drukknoppen met ingebouwde lampen.

Per zenderingang is een vergrendelrelais bij de matrix ingebouwd. Aldus zijn de zenders in het vergrendelcircuit opgenomen en is op een schematische tekening van de matrix de zendersituatie terug te vinden.

De aandrijving is met de motor tot een zelfstandige eenheid samengebouwd, zoals te zien is in fig. 7. Deze gehele eenheid is met het oog op de service eenvoudig te vervangen.

11. Verkorte specificatie van de 30-kW coaxiale schakelaar RS 730

Maximaal vermogen	: 30 kW continu bij een belasting met staande-golfverhouding 1 : 2
Nominale impedantie	: 50 ohm
Maximale frequentie	: 30 MHz
Staande-golfverhouding	: 1 : 1,2 met 20 schakelaars in serie
Schakeltijd	: 1 s
Voeding	: tweemaal 60 V wisselspanning
Afmeting	: 150 bij 150 mm, diepte 375 mm

Literatuur

[1] P. W. L. van Iterson: 5-kW communication ISB transmitter with transistorized driving equipment series RZ 510. Philips Telecommunication Review, Vol. 28, blz. 31, 1968.

621.398:629.19:621.455:681.323

Digitaal verwerken van meetgegevens bij het ontwikkelen en bij het afvuren van lanceerraketten (ELDO) [1]

door ir. L. R. Bourgonjon, N. V. Philips' Telecommunicatie Industrie, Huizen



Summary: *Digital measuring system for the development and launching of space rockets (ELDO).*
This paper describes a telemetry system developed for the European space vehicle launcher which can be used during development and check-out of the launcher as well as in actual flight.

It is composed of vehicular equipment and ground equipment and makes use of pulse code modulation for the transmission. Particular attention is given to the flexibility to co-operate with other electronic equipments in an integrated telemetry and check-out system.

Reeds enkele jaren is Philips' Telecommunicatie Industrie betrokken bij de Europese samenwerking die tot doel heeft een draagraket te ontwikkelen voor het lanceren van aardsatellieten, het ELDO-project. Ons aandeel in deze Europese samenwerking is de ontwikkeling en de produktie van een modern telemetriesysteem.

Het uitgangspunt van deze ontwikkeling was, in 1962, een telemetriesysteem voor de derde trap van de ELDO-draagraket. De eisen werden toen als volgt geformuleerd: het tijdens de vlucht van de raket naar de aarde overbrengen en registreren van ca. 200 analoge meetgegevens die bepalend zijn voor de werking van de derde trap, met een nauwkeurigheid van ca. 1% over afstanden tot 10000 km.

Reeds bij een voorstudie waaraan ook het NLR, het TNO en de PTT hebben medegewerkt, werd duidelijk dat een systeem met Pulse Code Modulation (PCM) vele voordelen bood. Daarvan uitgaande is toen een PCM-telemetriesysteem ontwikkeld en gefabriceerd dat speciaal was aangepast aan de eisen die door de constructeurs van de derde trap waren gesteld. De apparatuur bestaat uit een raketdeel, twee grondstations voor de ontvangst en de registratie van de vluchtgegevens, opgesteld in Zuid- en Noord-Australië, alsmede enkele rekken met hulpapparatuur.

Het overdrachtssysteem heeft bij een bemonstering van 20 maal per seconde, een capaciteit van 124 ingangen. De analoog-digitaal-conversie vindt plaats in een 7 bits binair gecodeerd woord, dus een kwantisering in 128 niveaus. Aan deze 7 bits wordt één parity bit toegevoegd. Per 124 woorden is een framesynchronisatiesignaal van 32 bits aanwezig. Dit alles resulteert in een snelheid van 20480 bits per seconde. Voor zeer langzaam variërende grootheden is het aantal ingangen verder uit te breiden door subcommutatie van enige primaire kanalen; momenteel wordt gewerkt met 268 ingangen. Het binaire PCM-signaal wordt als frequentiemodulatie overgedragen door een 5-W zender in de frequentieband 136-138 MHz.

Deze apparatuur is bij 4 proeflanceringen vanuit Woomera in Zuid-Australië met gunstig resultaat toegepast. Uit de ervaring die werd opgedaan, bleek duidelijk dat er grote voordelen waren verbonden aan een digitaal transmissiesysteem; deze werden zo belangrijk geacht dat besloten werd niet alleen de derde trap maar ook de eerste trap met PCM-telemetrie uit te rusten.

Ook werd met de voortgang van het ELDO-project geleidelijk praktische ervaring verkregen, zowel bij de ontwikkeling van de afzonderlijke rakettrappen, als bij de samenbouw, de beproeving en de lancering van de complete raket. Tijdens al deze fasen moesten vele metingen worden verricht en werd het duidelijk dat daarvoor grotendeels de telemetrie-apparatuur kon worden gebruikt. Alleen is daarbij de radioweg, behalve voor de eigenlijke lancering, meestal niet nodig en zelfs ongewenst. Deze inzichten staan bekend als de integratie van telemetrie en check-out en hebben geleid tot een belangrijke besparing in de totaal benodigde apparatuur. Beide overwegingen, de toepassing in andere rakettrappen en de integratie van telemetrie en check-out maakten een nieuwe opzet van het telemetriesysteem noodzakelijk.

Het belangrijkste kenmerk van deze nieuwe opzet is een grotere flexibiliteit in het gebruik, daar de telemetrie-apparatuur nu moet kunnen samenwerken met andere elektronische systemen in meetprogramma's die vaak door computers worden bestuurd, zoals tijdens de laatste fase voorafgaande aan de eigenlijke lancering.

Bij deze voorbereidende werkzaamheden zijn metingen vaak slechts mogelijk indien andere signalen worden gesimuleerd omdat de betreffende subsystemen nog niet functioneren (motoren branden nog niet, enz.). Ook metingen waarbij het dynamische gedrag van servosystemen moet worden bepaald, vallen hieronder.

Uitgaande van deze toepassingen werd vastgesteld dat de telemetrie-apparatuur de volgende ingangssignalen moet kunnen verwerken:

- enkele honderden analoge signalen met smalle frequentieband afkomstig van opnemers van drukken, temperaturen, brandstofstanden, enz.
- enkele analoge kanalen met brede frequentieband voor het meten van trillingen tijdens de vlucht of bij het testen van de motoren. Hiervoor is een PCM-systeem minder geschikt, daarom worden deze signalen elk gemoduleerd op een subdraaggolf. Een 12-tal subdraaggolven, elk FM, te moduleren met 1 kHz of 6 subdraaggolven voor 2 kHz bandbreedte, zijn voor dit doel voldoende. De subdraaggolven worden zo gekozen dat deze boven het spectrum van de PCM vallen.
- 60 'events'. Hieronder wordt verstaan het vastleggen in de

[1]) Voordracht gehouden op de 198e werkvergadering van het NERG op 15 oktober 1968 te Huizen.

Manuscript ontvangen 18 december 1968.

tijd van een bepaalde gebeurtenis zoals het sluiten van een klep, het starten van een motor, enz.

- digitale signalen afkomstig van andere digitale apparatuur in de raket, zoals de computer van het geleidingssysteem. Aangezien de overdracht van deze digitale signalen een zekere synchronisatie met de telemetriesignalen nodig maakt, moet de telemetrie-apparatuur bepaalde tijdsignalen (kloksignalen) kunnen afgeven.

De uitgangssignalen van de telemetrie-apparatuur in de raket zijn:

- de hoogfrequentdraaggolf gemoduleerd met het PCM-signaal en de FM-brede-band-subdraaggolven.
- het PCM-signaal met de FM-brede-band-subdraaggolven.
- synchronisatiesignalen.

Als basis voor de nieuwe telemetrie-apparatuur is weer een PCM-systeem gekozen, dat is aangevuld met een analoge transmissie voor de brede-bandkanalen. Het PCM-systeem is in opzet identiek aan de vroegere apparatuur, dus weer een frame van 128 woorden, ieder 8 bits, dat zich 20 maal per sconde herhaalt en waarvan de eerste 4 woorden (32 bits) de synchronisatiecode cormen. De resulterende snelheid is dus weer 20480 bits per seconde.

Nieuw is echter de flexibiliteit zowel wat betreft het gebruik van het frame, als de flexibiliteit die het gevolg is van de constructieve opbouw. Wat de eerstgenoemde flexibiliteit betreft kan een keus worden gemaakt uit ingangen die 20 maal per seconden worden bemonsterd (1 maal per frame), 5 maal per seconde (1 maal per 4 frames) en $1^1/_4$ maal per seconde (1 maal per 16 frames). Een gekozen combinatie van bemonsteringssnelheden vormt een bepaald commutatieprogramma, ook wel formaat genoemd. Er is een keus uit vier verschillende commutatieprogramma's die ingesteld kunnen worden door het aanbrengen of verwijderen van een aantal doorverbindingen in het apparaat. Het maximale aantal ingangen is 268. Bovendien kan men tijdens het meten op ieder ogenblik door middel van 4 commandosignalen kiezen uit 4 commutatiemogelijkheden, nl. het normale programma van het ingestelde formaat, het permanent meten van slechts één kanaal, 2 kanalen of 8 kanalen ('scanning mode control'). Deze flexibiliteit is vooral van belang voor het meten van servo-lussen.

Ook de woordcapaciteit van 8 bits kan op verschillende wijzen worden benut en wel voor:

- 7 bits woord + parity bit.
- 8 bits woord voor verhoogde nauwkeurigheid.
- 7 bits woord + 'event'.

Flexibiliteit is verder verkregen door de apparatuur niet op te bouwen als één geheel maar als losse eenheden die afhankelijk van de benodigde capaciteit worden toegepast en op verschillende plaatsen in de raket kunnen worden ingebouwd. Dit leidt tevens tot een vermindering van de benodigde bekabeling hetgeen vooral bij grote rakettrappen (de eerste trap van de ELDO-raket is 25 m hoog) van belang is. Het grootste deel van de bekabeling bevindt zich namelijk tussen de honderden ingangen en de commutator, daarna is in principe één leiding voldoende om de informatie verder te leiden. Wel zijn natuurlijk ook stuursignalen en voedingsspanningen nodig om de commutator te doen functioneren maar daarvoor is een beperkt aantal aders voldoende (4 + 3).

We hebben de commutator opgesplitst in eenheden die elk 24 ingangen hebben en wel voor 16 meetpunten (analoge ingangen) en voor 8 'events'. Zo'n eenheid, die we primaire commutator noemen, kan worden ingebouwd op plaatsen waar een groot aantal meetpunten aanwezig is, bijv. bij één der motoren. Zo nodig kan meer dan één eenheid worden gebruikt. Er zijn bijbehorende montageframes ontwikkeld, voorzien van de benodigde stekers, voor 2, 4, 8 of 12 primaire commutatoren (fig. 1). Ook kan een primaire commutator geheel worden ingebouwd in de apparatuur waaraan de metingen moeten plaatsvinden.

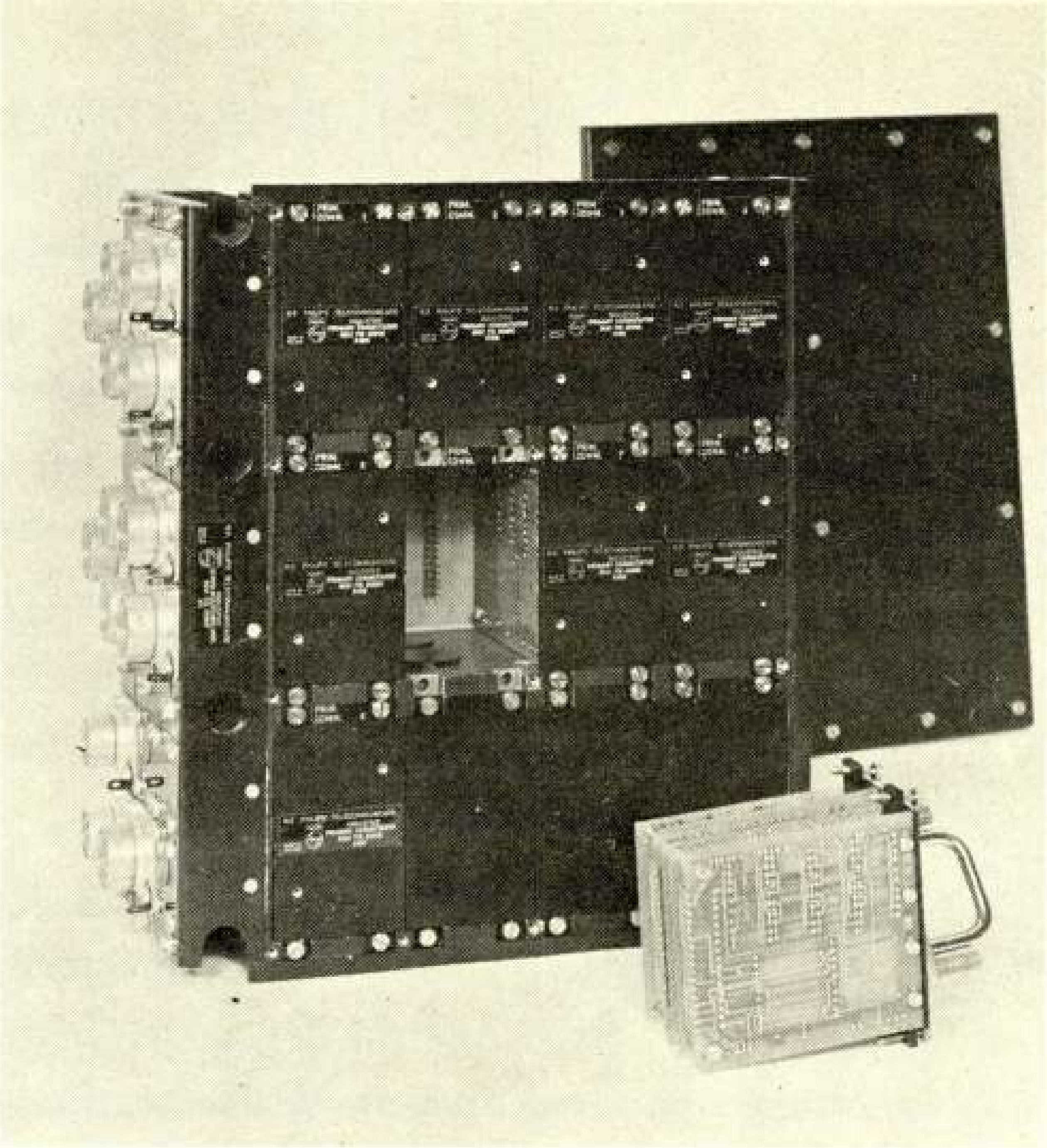


Fig. 1. Montageframe voor 12 primaire commutatoren.

Voor het combineren van de uitgangsspanningen van alle primaire commutatoren (maximaal 17) is één secundaire commutator nodig die behoort tot het centrale deel van de apparatuur. In dit centrale deel vindt de verdere verwerking van informatie plaats, dus achtereenvolgens het combineren van de signalen afkomstig van de primaire commutatoren, de analoog-digitaal-conversie, het toevoegen van parity bits en synchronisatiecode en tenslotte het moduleren van de hoogfrequentdraaggolf. De tijdsignalen die nodig zijn voor het besturen van alle schakelfuncties worden afgeleid van één kristalgestuurde oscillator die ook behoort tot het centrale deel van de apparatuur. De vorm die het centrale deel dient te hebben, wordt bepaald door de montagemogelijkheden in de rakettrap; het is dan ook nodig gebleken per rakettrap een apart montageframe te ontwerpen waarin de standaardeenheden worden ondergebracht (fig. 2).

Tot slot nog enige opmerkingen over de beide andere ingangssignalen van de telemetrie, nl. de digitale ingangssignalen en de brede-bandsignalen.

De digitale signalen kunnen, mits zij op het juiste tijdstip aanwezig zijn, direct worden gecombineerd met de uitgangssignalen van de A/D-converter. Daartoe worden door de telemetrie-apparatuur de benodigde synchronisatiesignalen geleverd. De brede-bandsignalen worden elk gemoduleerd op een subdraaggolf volgens het daarvoor gebruikelijke IRIG-systeem (Inter-Range Instrumentation Group). De daarvoor benodigde apparatuur is eveneens ondergebracht in het centrale deel. Het uitgangssignaal hiervan wordt gecombineerd met het PCM-signaal, het resulterende spectrum is aangegeven in fig. 3.

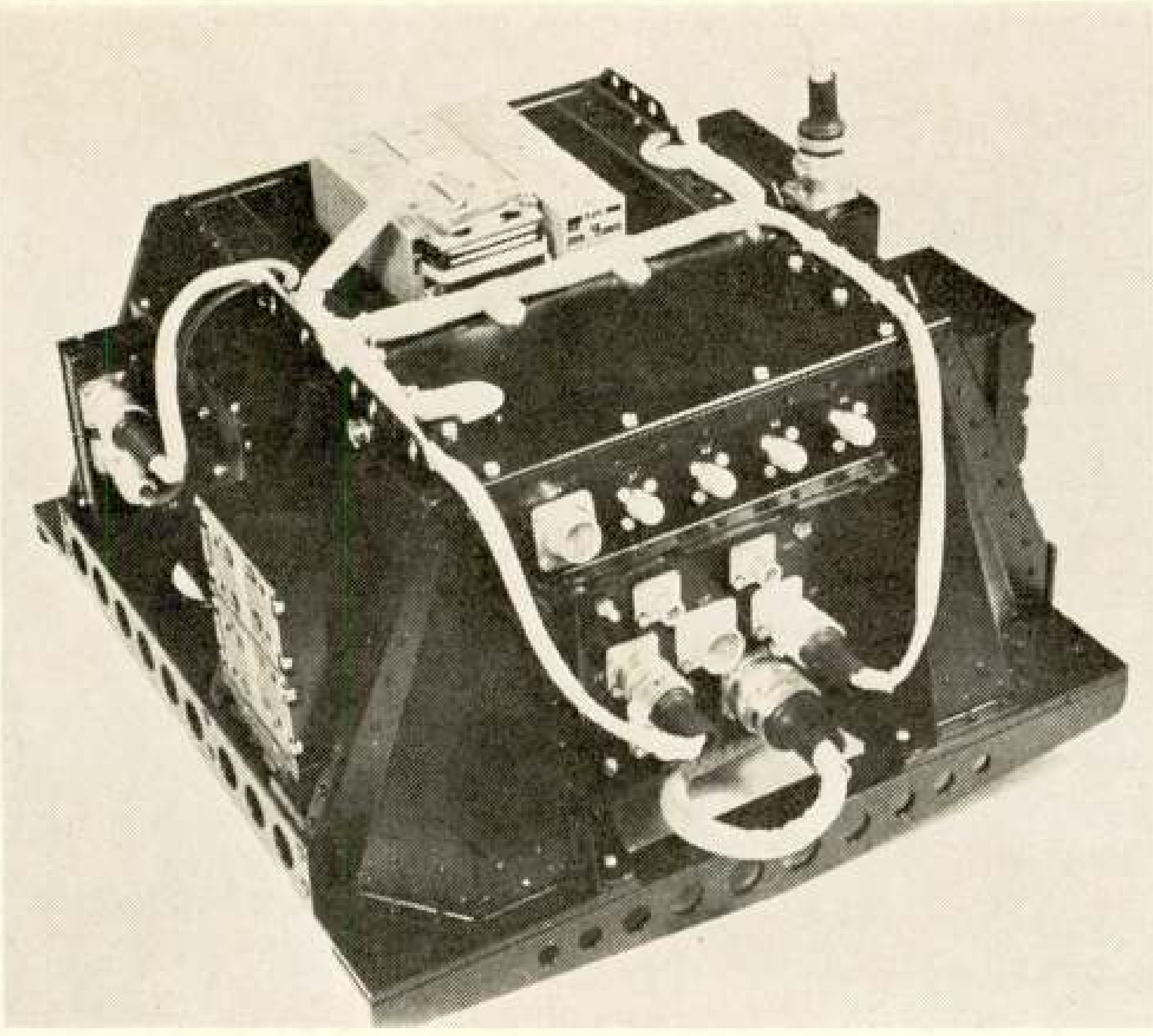


Fig. 2. Telemetrie-apparatuur voor de derde trap van de ELDO-draagraket.

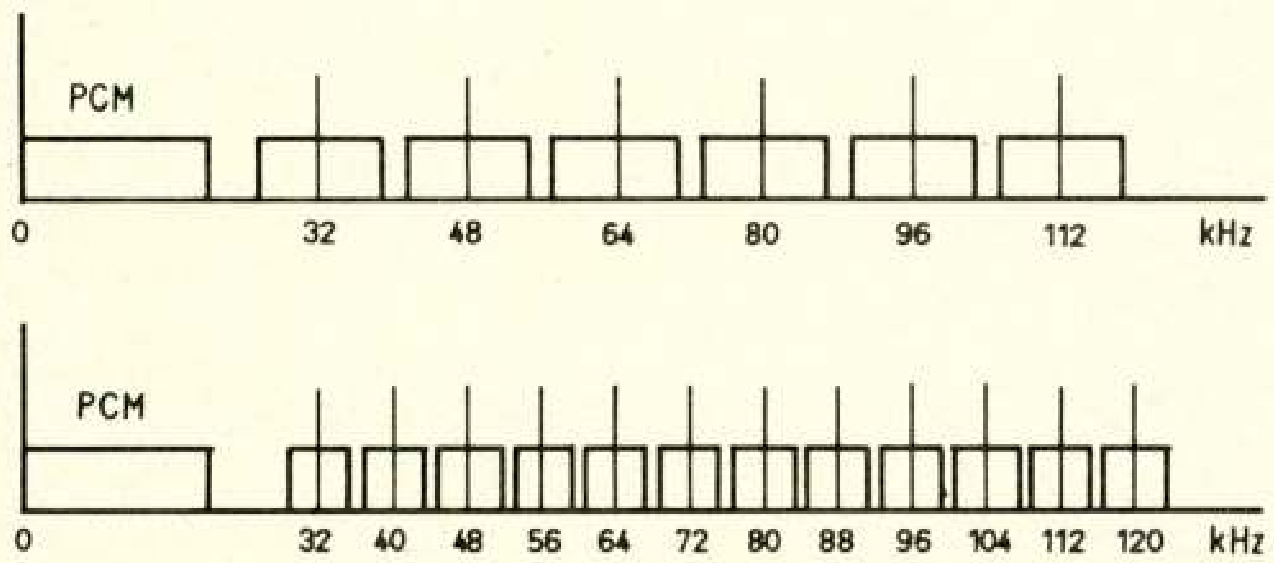


Fig. 3. Het frequentiespectrum van een samengesteld telemetriesignaal.

Dit gecombineerde signaal wordt of aan de zendermodulator toegevoerd of over een coaxiale kabel naar buiten gevoerd.

Ook voor de grondapparatuur is uitgegaan van eenheden, en wel in de vorm van 19″ panelen, die voor iedere toepassing tot een systeem kunnen worden gecombineerd. De toepassingsgebieden zijn:

- de ontwikkeling en beproeving van de afzonderlijke rakettrappen in Europa;
- de beproeving van het complete elektrische systeem in Europa;
- de samenstelling van de complete raket op de lanceerbasis;
- de check-out van de raket voorafgaande aan de lancering;
- de lancering.

Het verwerken van de meetresultaten, zowel op de lanceerbasis zelf, als op de proefterreinen in Europa gebeurt vaak op plaatsen die ver uit elkaar liggen. Daar het gebruik van radioverbindingen hierbij doorgaans niet wenselijk is, dient de grondapparatuur geschikt te zijn om signalen naar verscheidene punten op onderlinge afstanden van enige kilometers te distribueren.

De belangrijkste eenheden waaruit deze systemen kunnen worden opgebouwd zijn:

- de radio-ontvangapparatuur;
- apparatuur voor bitsynchronisatie en regeneratie (PCM-synchronisator);
- apparatuur voor framesynchronisatie (formaat synchronisator);
- decommutatie-apparatuur;
- apparatuur voor numerieke presentatie;
- digitaal-analoog-converter met analoge presentatie;
- data-transmissie-apparatuur;
- testapparatuur.

De radio-apparatuur is alleen volledig in gebruik tijdens de lancering. Het zijn gecompliceerde ontvangstinstallaties met een antenne voor automatisch volgen, apparatuur voor polarisatie-diversity-ontvangst, bandopnemers, enz. (fig. 4).

De PCM-synchronisator vormt een belangrijke schakel in de keten speciaal bij radioverbindingen over grote afstanden of onder moeilijke omstandigheden (we denken hierbij aan de invloed van de geïoniseerde uitlaatgassen van de motoren, de zgn. 'flame attenuation'). Dit apparaat ontvangt het PCM-

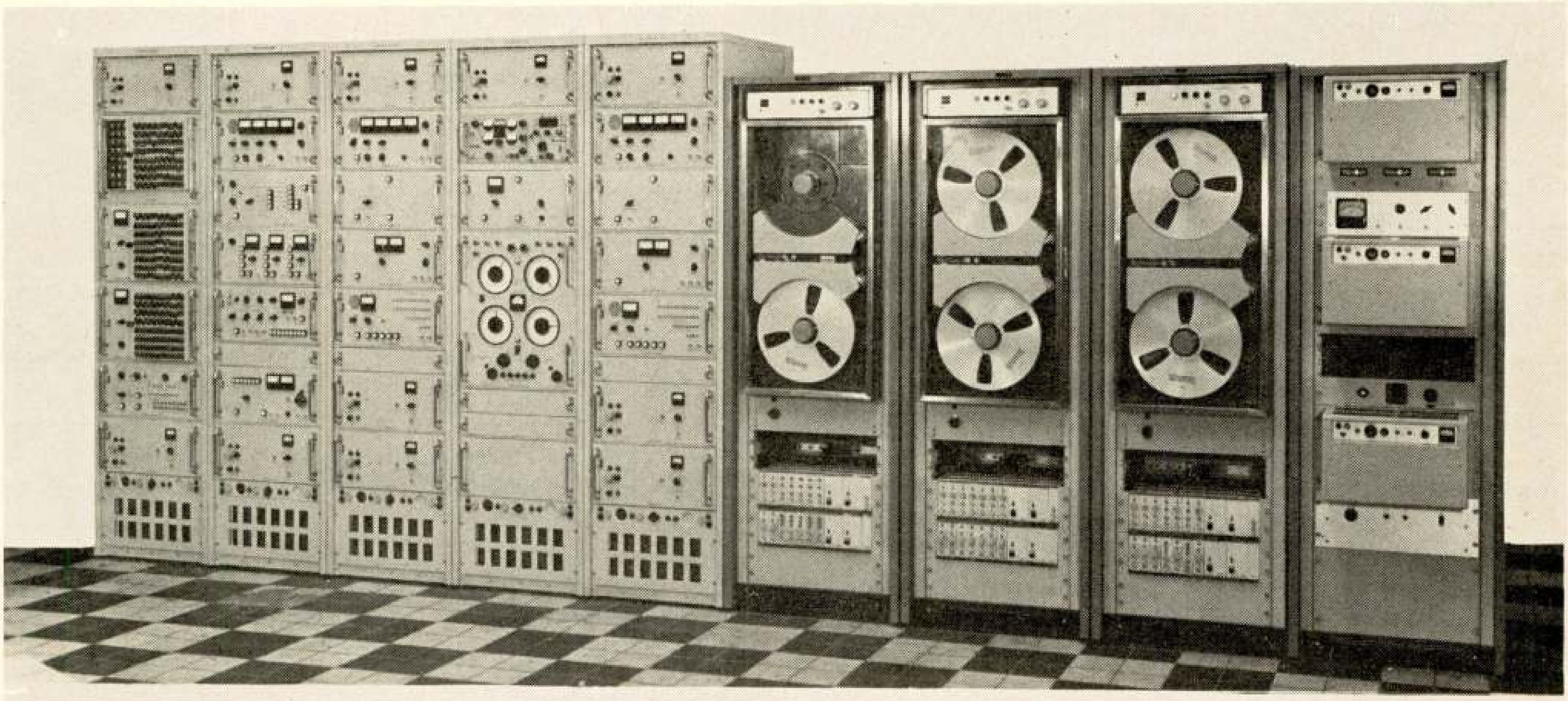


Fig. 4. Ontvangstation voor PCM-telemetriesignalen.

signaal zoals dat door de detector van de ontvanger wordt afgegeven, dus vervormd en vermengd met ruis, en heeft als taak uit dit gestoorde signaal de bitfrequentie te reconstrueren en daarna een geregenereerd informatiesignaal met zo min mogelijk fouten af te geven. De werking van dit apparaat wordt hoofdzakelijk gekarakteriseerd door de foutenkans als functie van de signaal-ruisverhouding, maar ook andere eigenschappen spelen een rol zoals de tijd waarin de bitsynchronisatie tot stand komt en de mogelijkheid om onderbrekingen in de ontvangst te overbruggen zonder uit de pas te vallen. De PCM-synchronisator kan in iedere binaire transmissie worden toegepast in het bereik van $10 - 10^6$ bits per seconde. Er is van dit apparaat bovendien een sterk vereenvoudigde uitvoering voor gebruik in een radioketen over korte afstanden waarbij steeds met een hoge signaal-ruisverhouding gerekend mag worden.

De formaatsynchronisator heeft als taak om uit het PCM-signaal in serievorm de framesynchronisatiecode van 32 bits te herkennen en daarvan uitgaande, signalen voor woord- en frame-adres af te leiden die voor de latere decommutatie nodig zijn. In een radioketen ontstaan moeilijkheden omdat de aangeboden signalen, afkomstig van de PCM-synchronisator, in dat geval niet altijd foutloos zijn. Speciaal bij slechte signaal-ruisverhouding heeft het geregenereerde data-signaal een vrij grote foutenkans en daarmee dus ook het synchronisatiesignaal. De formaatsynchronisator dient nu een bepaalde strategie te volgen waarbij een synchronisatiecode met enige fouten voorlopig wordt geaccepteerd. Uit vergelijking met het data-patroon op frameafstand kan daarna worden geconcludeerd of deze beslissing vermoedelijk juist was. Op deze wijze wordt geleidelijk grotere zekerheid verkregen dat het synchronisatiesignaal is herkend. Uitgangspunt van deze strategie is het compromis tussen de kans op valse synchronisatie en de benodigde acquisitietijd.

In de decommutatie-apparatuur, die steeds in combinatie met de presentatie-apparatuur wordt toegepast, vindt een voorbewerking van de signalen plaats waarna tot 30 presentatie-eenheden kunnen worden aangesloten, die daarbij van eenvoudige opbouw kunnen zijn. Verder worden in de decommutatie-apparatuur centraal de 'events' gedecommuteerd, vindt de telling van de pariteitsfouten plaats en wordt de 'error rate' aangegeven. Het kiezen van de 'scanning mode' kan plaatsvinden vanuit dit apparaat of vanuit een elders opgesteld bedieningspaneel.

Van de presentatie-apparatuur zijn twee uitvoeringsvormen, nl. één voor numerieke presentatie met cijferbuizen en één voor omzetting in een analoge spanning met meteraanwijzing of voor aansluiting van meet- of registratie-apparatuur. Ieder paneel is slechts 88 mm hoog en is geschikt voor 2 kanalen. Met behulp van duimwielschakelaars kan elk van deze kanalen worden ingesteld op ieder gewenst woord in het formaat. Voor de numerieke presentatie met behulp van cijferbuizen kan gekozen worden uit een weergave van de ingangsspanning in absolute waarde (0 - 5 V nominaal) of in procenten van de nominale waarde van e V.

De data-transmissie-apparatuur maakt het mogelijk om de informatie via lokale telefoonnetten (papier-stergroepkabels) over de benodigde afstanden van enkele kilometers te transporteren.

Korte technische berichten

Het gebruik van hologrammen voor 'read-only'-geheugens

De vraag naar geheugens met zeer grote capaciteit neemt in de huidige data-verwerkende systemen zeer snel toe. Voor het opslaan van grote hoeveelheden informatie ('bulk storage') worden veelal magnetische banden en magnetische schijven toegepast. Hoewel de geheugencapaciteit van deze media vrijwel onbeperkt is hebben zij als nadeel, dat de gemiddelde tijd nodig om informatie op te zoeken en uit te lezen groot is (10-100 ms) vergeleken met de tijd nodig voor het uitvoeren van de eigenlijke rekenbewerkingen. Ondanks vele tijdbesparende uitleestechnieken zal het gebruik van deze media de snelheid van het gehele data-verwerkende systeem in ongunstige zin beïnvloeden.

Geheugens, die behalve een grote capaciteit ook een korte toegangstijd ('access time') bezitten zijn met behulp van de huidige geheugentechnieken zeker te realiseren. De kostprijs van dergelijke geheugens maakt de toepassing weinig aantrekkelijk. Het is duidelijk dat de kosten van een ferrietkernengeheugen met een capaciteit van bijvoorbeeld 10^8 bits, gezien de huidige prijs van ferrietkernengeheugens (ongeveer 5 à 10 cent per bit) onaanvaardbaar hoog zijn.

In vele laboratoria wordt gezocht naar snelle goedkope geheugens voor 'bulk storage'. De 'Bell laboratories' maken melding van een veelbelovende ontwikkeling op dit gebied. Men experimenteert met een geheugenvorm waarbij de informatie in hologrammen is vastgelegd en door middel van een 'laser'-straal wordt uitgelezen ('read-only'-geheugen). In het kort zal hier het in ontwikkeling zijnde systeem worden geschetst.

De in het geheugen op te bergen informatie wordt vastgelegd in de vorm van hologrammen. Elk hologram heeft een diameter van 1 mm en kan zeker 10^4 bits bevatten. Het wordt in een aparte opstelling vervaardigd. Allereerst wordt een masker gemaakt dat de in het hologram vast te leggen informatie bevat. De digitale woorden worden op het masker in regels gerangschikt, waarbij op de plaatsen waar een bit met waarde gelijk aan één staat het masker wordt doorboord. Een 'laser'-straal wordt in twee delen gesplitst; het ene deel belicht het masker waarna de doorgelaten stralen door middel van een lens op fotogevoelig materiaal worden gefocusseerd, het andere deel treft dit materiaal rechtstreeks. Deze twee bundels vormen samen een interferentie-patroon in het fotogevoelige materiaal. Op deze wijze worden op een oppervlakte van ongeveer 10 cm^2 32×32 hologrammen vastgelegd, d.w.z. $32 \times 32 \times 10^4 = \sim 10^7$ bits.

Het eigenlijke geheugen bestaat uit vier delen te weten een 'laser', een afbuigeenheid, de informatiedrager (veld van hologrammen) en een veld van fotogevoelige detectoren.

In de afbuigeenheid wordt de 'laser'-bundel gericht op het gewenste hologram in de informatiedrager. Deze afbuigeenheid bestaat in principe uit een doorschijnend vat met vloeistof waar de 'laser'-bundel doorheen gaat. Met behulp van elektrische of akoestische middelen kan de brekingsindex van de vloeistof worden veranderd en derhalve de uittredende 'laser'-bundel worden gericht op het gewenste hologram. Fundamenteel fysische limieten bepalen de maximale waarde van het produkt van de snelheid, waarmee de 'laser'-bundel van richting kan worden veranderd, en het aantal discrete richtingen, waarin de 'laser'-bundel kan worden afgebogen. Wil men de tijd nodig voor het naar een andere positie sturen van de bundel beperken

tot enige microseconden, dan wordt theoretisch het aantal te kiezen discrete richtingen voor de uittredende bundel beperkt tot 10^6. In de praktijk wordt dit laatste getal gereduceerd tot 10^4 à 10^5.

De op de hierboven beschreven wijze gerichte 'laser'-bundel treft het gewenste hologram op de informatiedrager en vormt in een vlak achter deze informatiedrager een afbeelding, waarin de in het hologram opgeslagen informatie weer in de oorspronkelijke vorm, d.w.z. heldere stippen op de plaatsen waar een bit de waarde één heeft, wordt teruggevonden. In dit afbeeldingsvlak wordt een matrix van fotogevoelige detectoren, vervaardigd met behulp van geïntegreerde circuittechnieken, geplaatst. De uitgangsspanningen van deze detectoren kunnen verder op conventionele wijze in de data-verwerkende apparatuur worden verwerkt.

Het toepassen van hologrammen als informatiedragers biedt twee belangrijke voordelen boven het gebruik van microfoto's. In de eerste plaats maken de bijzondere eigenschappen van een hologram het gebruik van optiek tussen de informatiedrager en de fotodetectoren overbodig. In de tweede plaats is een hologram minder gevoelig voor stof en onregelmatigheden in de structuur van de informatiedrager dan een microfoto. Een stofdeeltje op een microfoto veroorzaakt het wegvallen van een aantal bits bij het uitlezen van de informatie. Daar in een hologram de informatie die betrekking heeft op één bit over het gehele oppervlak van het hologram is verspreid, zal een stofdeeltje op een hologram de kwaliteit van de afbeelding van alle bits enigszins verminderen maar niet het wegvallen van een bit veroorzaken.

Op te merken valt dat in dit systeem van de zo zeer in de belangstelling staande mogelijkheid om driedimensionale beelden in een hologram vast te leggen geen gebruik wordt gemaakt.

Bell Laboratories Record, november 1968.

Magnetisch afstembaar microgolffilter van hoge selectiviteit

Op het Philips Zentrallaboratorium te Hamburg is een magnetisch afstembaar filter ontwikkeld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de magnetodynamische eigentrillingen van ferrietbolletjes. In het midden van een cilindrische trilholte bevindt zich een bolletje van polykristallijn yttrium-ijzergranaat (YIG). Dit bolletje is via twee koppelvensters in de eindvlakken van de cilindrische trilholte gekoppeld met de ingangs- en uitgangsgolfpijp. Het magnetische regelveld staat loodrecht op de as van de cilinder. Door variatie van dit magneetveld wordt de werkzame permeabiliteit van het ferrietmateriaal en dus ook de resonantiefrequentie van het filter beïnvloed.

In principe heeft men twee regelgebieden met verschillende kenmerken. Bij een geringe veldsterkte van het regelveld, waarbij het ferrietbolletje magnetisch onverzadigd is, is het verband tussen magneetveld en resonantiefrequentie nagenoeg lineair. In de X-band werd bij $f = 10$ GHz een verstemming van 15% verkregen bij een constante kwaliteitsfactor van ongeveer 8000. Bij grote veldsterkten worden waarden van de kwaliteitsfactor behaald in de grootte-orde van 12000 ($f = 10$ GHz) tot 20000 ($f = 3{,}5$ GHz).

De verliezen die bij dit filtersysteem optreden bestaan voornamelijk uit de diëlektrische verliezen van het ferrietmateriaal. De zeer goede kwaliteiten van dit filter konden worden bereikt dank zij de zeer kleine diëlektrische verliesfactor van het gebruikte ferriet.

Philips Research Press Release 694/228/no. 27/N, 28 februari '69.

Boekennieuws

BLOK e.a.: **Electronisch Vademecum. Handleiding voor de moderne electronica.** 920 blz. 2e druk. Uitg.: N.V. Uitgeversmaatschappij Æ. E. Kluwer, Deventer, 1968. Prijs *f* 64,50.

Blijkens de omschrijving op de stofomslag is dit omvangrijke boek bedoeld als naslagwerk voor het terrein van de elektronica in ruime zin. Deze tweede druk bestrijkt inderdaad een uitgebreid gebied; hoofdstukken over o.a. elektro-akoestiek, televisie en transmissielijnen zijn opgenomen en veel informatie is er in te vinden. Uiteraard blijft het veelal bij het vermelden van formules en schakelingen, zonder dat veel dieper op afleiding of achtergronden wordt ingegaan; dit kan van een boek van een dergelijke opzet ook niet anders worden verwacht.

Wat echter om onbegrijpelijke redenen ontbreekt is een trefwoordenregister, dat voor een doelmatig gebruik van een naslagwerk toch als haast onontbeerlijk moet worden beschouwd. Weliswaar is een gedetailleerde onderverdeling in paragrafen aangebracht, maar deze wordt slechts per hoofdstuk, verdeeld over het boek, vermeld.

Het nieuwe hoofdstuk over halfgeleiders is een waardevolle aanvulling. Ook nieuwe ontwikkelingen op dit gebied komen hier ter sprake. Voor het overige is het boek vrijwel uitsluitend afgestemd op buizen.

Veel praktische en duidelijke illustraties zijn opgenomen. Het nut van een aantal nomogrammen voor eenvoudige formules lijkt echter twijfelachtig. Het is niet bepaald handig om met een lineaal de tijdconstante van een bekende R en C te bepalen in een klein nomogram.

Al met al: veel nuttige informatie. Alleen . . . die trefwoordenlijst.

Ir. C. Bakker.

J. EIMBINDER: **Linear Integrated Circuits: Theory and Applications.** 318 blz., 257 fig. Uitg.: John Wiley and Sons Ltd. Chichester, England, 1968. Prijs 94 s.

Nog slechts enkele jaren geleden werden lineaire geïntegreerde circuits hoofdzakelijk gebruikt in die toepassingen, waar gewicht en afmeting van groot belang waren. Laag verbruik en kostprijs vormden veelal punten van secundaire aard.

Verbeterde fabricagetechnieken en daarmee gepaard gaande hogere fabricage-opbrengsten, hebben geleid tot een daling van de kostprijs. Geleidelijk aan is het aantrekkelijk geworden elektronische systemen te ontwerpen, waarin een groot aantal discrete componenten wordt vervangen door standaard (kortheidshalve aangeduid als IC's) met gelijke of betere werking.

De schrijver van dit boek beoogt de circuitontwerper op de hoogte te stellen van de mogelijkheden, die huidige standaard lineaire IC's bieden. Het boek vormt een bundeling van een aantal publikaties van verschillende auteurs, waaraan de schrijver zelf een tweetal hoofdstukken heeft toegevoegd. De publikaties, die vanaf maart 1967 zijn verschenen, kwamen tot stand door medewerking van o.a. een aantal IC-fabrikanten; het spreekt vanzelf dat de hierin behandelde IC's hun produkten zijn.

In het boek vindt o.a. de behandeling plaats van de onderwerpen:

- geschiktheid van monolitische IC's bij hoge frequenties;
- lineaire IC's in de communicatie;
- complementaire (pnp-npn) lineaire IC's;
- de operationele versterker, ruismetingen en parametertestmethoden;
- geïntegreerde audio-, breedband-, i.f.- en r.f.-versterkers;
- ontwerpvrijheid van de gebruiker met betrekking tot lineaire IC's;
- lineaire IC's in computers;
- hybride IC's, dunne-filmweerstanden en -capaciteiten.

Een aantal standaard lineaire IC's van bekende merken wordt besproken. Nagegaan wordt aan welke ontwerpcriteria een IC dient te voldoen met betrekking tot het toepassingsgebied. Het ontwerp wordt met schakelingen en diagrammen toegelicht. Veelal vindt ook een uiteenzetting plaats van de mogelijkheden en de begrenzingen van het IC, waarna één of meer toepassingsvoorbeelden worden behandeld.

In een tweetal hoofdstukken en appendices wordt de lezer geïnformeerd over de tot nu toe bekende monolitische circuitstructuren, dunne-filmweerstanden en -capaciteiten, het 'bonding'-proces en de dunne-filmdepositiemethode. In beknopte vorm worden de processen en technieken behandeld. Voor meer uitgebreide informatie zij echter verwezen naar andere werken.

Het aantal formules is gering; het boek geeft echter een goed overzicht van de toepassingsmogelijkheden, waarbij vooral aan de toepassingen in de communicatie ruime aandacht wordt besteed. Voor iedere systeemontwerper, die zich op de hoogte wil stellen wat het lineaire IC vermag, kan dit boek goede diensten bewijzen.

De uitgave is, zoals van Wiley gebruikelijk, keurig verzorgd.

Ir. B. Hijdra.

R. M. Warner: **Circuits intégrés. Etudes et réalisation.** 468 blz., 308 fig. Vertaling P. Barbier. Uitg.: Dunod, Paris, 1968. Prijs NF 96,—.

Het onderhavige werk is een Franse vertaling van het boek 'Integrated circuits' in 1965 verschenen bij McGraw Hill Book Company. Het is bekend, dat dit boek een uitstekende inleiding geeft voor al diegenen, die zich willen verdiepen in het ontwerpen, de fabricage en de toepassing van geïntegreerde schakelingen.

Hoewel het boek door de zeer snelle ontwikkelingen op het gebied van geïntegreerde schakelingen enige aanvullingen behoeft, is het als eerste inleiding nog steeds zeer goed te gebruiken. Het lijkt mij, dat een uitgave in de oorspronkelijke taal de voorkeur verdient. Mochten er taalmoeilijkheden zijn, dan kan de Nederlandse vertaling genomen worden, die onder de titel 'Geïntegreerde schakelingen' is verschenen in de Prisma-Technica reeks (*f* 10,50).

De aanschaf van de Franse uitgave heeft wellicht enige zin, indien men zich de Franse uitdrukkingen op het gebied van de halfgeleiders wil eigen maken. Men moet zich er dan wel van vergewissen of de uitgave volledig is. In het door mij ontvangen exemplaar ontbrak Hoofdstuk I zin zijn geheel.

Drs. J. G. van Santen.

Uit het NERG

Administratie van het NERG: Postbus 39, Leidschendam. Giro 94746 t.n.v. penningmeester NERG, Den Haag.
Secretariaat van de Examencommissie-NERG: van Geusaustraat 151, Voorburg.

Symposium 'Integrated circuits, mogelijkheden en moeilijkheden', 22 mei 1969 te Delft

Dit symposium zal op 22 mei 1969 in het Aulagebouw der T.H. Delft, Mekelweg 1 worden gehouden. Het wordt georganiseerd door de Sectie voor Toegepaste Natuurkunde van de Nederlandse Natuurkundige Vereniging, in samenwerking met de Sectie voor Technische Physica en de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, de Beneluxsectie van het IEEE en het NERG. Het voorlopige programma, waarin de onderwerpen die de sprekers zullen behandelen zijn vermeld, maar nog niet de definitieve titels, luidt als volgt:
- prof. ir. L. J. Tummers (T.H. Eindhoven): Opening, inleiding en overzicht;
- drs. A. Schmitz (T.H. Eindhoven): Mogelijkheden en beperkingen door de technologie;
- dr. N. C. de Troye (T.H. Eindhoven): Opbouw van geïntegreerde digitale schakelingen;
- ir. C. H. Eversdijk (T.H. Delft): Toepassingen van digitale schakelingen.
- ir. Th. J. van Kessel (T.H. Eindhoven): Ontwikkelingen in de analoge geïntegreerde schakelingen.
- prof. ir. O. W. Memelink (T.H. Twente): Geïntegreerde MOST-schakelingen;
- prof. ir. L. J. Tummers (T.H. Eindhoven): Toekomstverwachting en sluiting.

Het symposium zal om 10.30 uur beginnen.

NERG-leden zullen geen aparte convocatie voor deze bijeenkomst ontvangen. Zij kunnen zonder inschrijving aan het symposium deelnemen. Alleen indien men deel wil nemen aan de gemeenschappelijke lunch dient men zich op te geven *vóór 15 mei 1969* bij: Bureau Nederlandse Natuurkundige Vereniging, v. d. Waals Laboratorium, Valkenierstraat 67, Amsterdam, tel.: (020)-54547.

Ledenmutaties

Voorgestelde leden:

Ir. L. J. G. Berière, Demertstraat 99, Heer.
Ir. G. van Binsbergen, Holthoevensestraat 20, Teuge.
B. H. Claassen, Escamplaan 340, Den Haag.
Jr. J. A. M. Wiendels, c/o Shell Curaçao N.V., Emmastad, Curaçao (N.A.).

Nieuwe leden:

Ir. B. Zanting, Burg. Caan van Necklaan 333, Leidschendam.

Nieuwe adressen van leden:

Ir. G. A. Klein, Loosdrechtseweg 117, Hilversum.
Ir. G. L. Walther, Charlotteplaats 10, Zoetermeer.

Overleden:

E. van Eldik, Hilvertsweg 254, Hilversum.